Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Pacifique | Réponse des Sciences 2014/041

SUPPLEMENT AUX PREVISIONS D'AVANT-SAISON CONCERNANT LES MONTAISONS DU SAUMON ROUGE DU FLEUVE FRASER EN 2014

Contexte

Puisque la plupart des saumons rouges du fleuve Fraser remontent à l'âge de quatre ans après avoir passé deux hivers en eau douce et deux hivers en milieu marin, la majorité des poissons qui remonteront en 2014 seront des recrues de la ponte de 2010 (c.-à-d. l'année d'éclosion 2010). Il est particulièrement difficile de prévoir la montaison des saumons rouges du fleuve Fraser en 2014 étant donné les échappées exceptionnelles observées pour un certain nombre de stocks de l'année d'éclosion 2010 (y compris les stocks du ruisseau Scotch, des rivières Seymour, Chilko et Portage, et le stock de montaison tardive de la Shuswap). Ces chiffres exceptionnellement hauts d'échappées pour l'année d'éclosion exigent l'extrapolation des modèles de prévision au-delà de l'étendue des données de stock-recrutement observées, ce qui ajoute aux incertitudes entourant les prévisions de 2014. Néanmoins, les données concernant les juvéniles (alevins et saumoneaux) pour différents stocks importants de l'année d'éclosion 2010 (Shuswap et Chilko) montrent une compensation dépendante de la densité en raison de l'abondance de géniteurs sans précédent. Par conséquent, les données concernant les juvéniles soutiennent des formes de modèles qui prévoient une surcompensation lorsque les géniteurs sont très abondants.

Afin de fournir un contexte approfondi pour les prévisions du saumon rouge du fleuve Fraser pour 2014, le présent document fournit de plus amples renseignements sur la condition du saumon rouge du fleuve Fraser au cours des diverses étapes de son cycle biologique. Les stocks des rivières Shuswap, Chilko et Harrison font l'objet d'une évaluation, étant donné leur nombre exceptionnellement haut d'échappées en 2010. La rivière Quesnel est aussi incluse en raison de la mauvaise survie des poissons de ce stock ces dernières années, ce qui diverge des améliorations de survie observées chez la plupart des autres stocks de saumon rouge du fleuve Fraser entre les années d'éclosion 2006 et 2009 (années de montaison entre 2010 et 2013). L'état des poissons et les conditions environnementales sont examinés pour les géniteurs adultes (tous les stocks) en 2010, pour les alevins (lacs Shuswap et Quesnel seulement) en 2011, pour les saumoneaux en dévalaison (Shuswap et Chilko) en 2012, pour l'avalaison des saumoneaux du fleuve Fraser à Mission (tous les stocks) et pour les migrations subséquentes des juvéniles dans le détroit de Georgie et le détroit de Johnstone (tous les stocks). De plus, on compare la composition des stocks des échappées de 2010, l'avalaison des saumoneaux et les relevés des juvéniles dans l'océan en 2012, ainsi que les montaisons prévues en 2014, afin d'évaluer les changements proportionnels au fil du temps. Cette information sera utilisée pour compléter les prévisions officielles du MPO sur les saumons rouges du fleuve Fraser.

La présente réponse des Sciences découle du processus spécial de réponse des Sciences ayant eu lieu en janvier 2014 dans le but de résumer les données sur l'état et la survie du poisson (y compris les échappées des adultes en 2010 et leur descendance [juvéniles]). Ce processus régional de réponse des Sciences vise à fournir le contexte des prévisions officielles du MPO sur les saumons rouges du fleuve Fraser en 2014.

Ca

Renseignements de base

Montaisons

Les montaisons des saumons rouges adultes du fleuve Fraser ont varié par le passé en raison du schéma d'abondance sur quatre ans (prédominance cyclique) observé pour de nombreux stocks et de la variabilité de la survie annuelle (recrues par géniteur) (figure 1A). Ces dernières années, les variations des montaisons totales de saumons rouges adultes du fleuve Fraser ont été particulièrement importantes. Les montaisons de 2009 (1,6 million) et de 2010 (28,3 millions) ont fait respectivement partie des montaisons les plus faibles (moyenne cyclique de 2009 : 8,6 millions) et les plus élevées (moyenne cyclique de 2010 : 13,3 millions) de l'histoire des cycles depuis 1952. Lors des montaisons suivantes (de 2011 à 2013), le taux de survie du saumon rouge du fleuve Fraser est généralement revenu à la moyenne, et l'abondance des montaisons a largement été fonction des échappées de l'année d'éclosion. Les montaisons totales en 2011 (5,1 millions) étaient très semblables à la moyenne cyclique (5,3 millions) et les montaisons préliminaires de 2012 (environ 2,2 millions) et de 2013 (3,8 millions) étaient inférieures à leur moyenne cyclique respective (3,6 millions et 8,6 millions) (figure 1A).

Prévisions d'avant-saison de l'importance de la montaison

Les prévisions d'avant-saison de la montaison du saumon rouge du fleuve Fraser sont associées à une incertitude élevée en raison de la grande variabilité de la survie annuelle du saumon (recrues par géniteur) et des erreurs d'observation dans les données de stock-recrutement(Grant et al. 2010; Grant & MacDonald 2011; Grant & MacDonald, 2012; MacDonald & Grant 2012; Grant & MacDonald 2013). Les prévisions pour le saumon rouge du fleuve Fraser ont été particulièrement marquées d'incertitude au cours des dernières années en raison du déclin systématique de la survie de la plupart des stocks, qui a culminé durant l'année d'éclosion 2005 avec l'un des plus faibles taux de survie jamais enregistrés (montaisons des saumons de quatre ans en 2009 et de cinq ans en 2010) (figure 1B). Par la suite (années de montaison de 2010 à 2013), la survie semble s'être améliorée (figure 1B). En ce moment, il n'y a aucun indicateur préalable de la survie du saumon rouge du fleuve Fraser qui permette de prévoir les variations interannuelles ou les écarts importants entre les périodes de survie.

La compréhension limitée des facteurs de changements interannuels influençant la survie du saumon rouge du fleuve Fraser serait attribuable au large éventail d'écosystèmes dans lesquels ces stocks vivent tout au long de leur cycle biologique. Le saumon rouge du fleuve Fraser passe ses deux premiers hivers en eau douce (de l'état d'œuf à l'état de saumoneau), puis passe deux hivers (bien que cette durée puisse être de un à trois hivers) dans le milieu marin, avant de retourner à son cours d'eau ou lac natal pour frayer. Les stocks de saumon rouge du fleuve Fraser migrent par un vaste éventail de réseaux au cours de leur première année de séjour en milieu marin, se déplacent rapidement vers le nord par le détroit de Georgie (Preikshot et al. 2012), quittent ces eaux par le détroit de Johnstone, migrent le long du plateau continental, puis, en hiver, passent du plateau au golfe d'Alaska (Tucker et al. 2009). Une variation interannuelle considérable de la mortalité se produit dans les écosystèmes marins et d'eau douce, comme le montrent les données relatives à la survie en mer et en eau douce pour les saumons rouges de la rivière Chilko (stock indicateur pour le saumon rouge du fleuve Fraser) (figures 2A et 2B). Le stock de la rivière Chilko est le seul stock de saumon rouge du fleuve Fraser présentant une série chronologique longue et complète de données sur les saumoneaux (dénombrés au moyen d'une barrière de dénombrement située à la décharge du lac Chilko), qui peut être utilisée en association avec les données relatives aux échappées et aux montaisons pour répartir le taux de survie total entre les milieux « marin » et d'eau douce (la survie en milieu « marin » comprend la migration en aval entre la barrière de dénombrement et le détroit de Georgie). Il est probable

qu'un certain nombre de facteurs dans les milieux marin et d'eau douce influencent le taux de survie des saumons du fleuve Fraser, et ces facteurs peuvent varier selon le stock et l'année.

Il sera difficile de prévoir les montaisons de 2014 en raison des échappées exceptionnelles d'un certain nombre de stocks au cours de l'année d'éclosion 2010. Ces prévisions sont particulièrement remarquables en ce qui concerne les stocks des rivières Shuswap et Harrison, puisque des modèles biologiques de prévision, tels que le modèle Ricker, doivent être extrapolés bien au-delà de l'étendue des données observées (ajustées), étant donné les échappées records de 2010 (figures 6A à 6D). Puisque les divers modèles biologiques comprennent des hypothèses différentes concernant les dynamiques de population et que les échappées de l'année d'éclosion 2010 d'un certain nombre de stocks sont supérieures à celles observées dans la série chronologique historique, de l'information supplémentaire est présentée afin de fournir le contexte des prévisions de 2014. Il n'est en revanche pas facile d'établir des prévisions pour la rivière Quesnel, car les taux de survie du poisson ne s'y sont pas améliorés ces dernières années, contrairement aux autres stocks (figures 5B et 6F). De plus, le taux de montaison de 2013 vers la rivière Quesnel s'est situé au plus bas de la répartition prévue pour cette année-là, ce qui indique un faible taux de survie dans ce stock au cours de l'année de montaison la plus récente. Étant donnée l'incertitude entourant les prévisions de 2014, cette présentation des données auxiliaires de la génération parentale de reproducteurs de 2010, du milieu d'élevage marin des juvéniles en 2012 et du retour des unibermarins en 2013 fournit un contexte aux prévisions pour 2014.

Analyse et réponse

Réseau hydrographique de la rivière Shuswap (année d'éclosion 2010)

Les juvéniles des stocks de montaison du début de l'été (ruisseau Scotch, rivière Seymour, rivière Eagle, etc.) et de montaison tardive (rivière Adams, rivière Little et cours inférieur de la rivière Shuswap, etc.) utilisent les lacs d'élevage du réseau de la rivière Shuswap. Les stocks de la rivière Shuswap indiquent le même profil de cycle dominant, avec une grande lignée prédominante (cycle de 2010), suivie d'une lignée sous-dominante beaucoup plus petite (2011), ainsi que deux lignées faibles (2012 et 2013) (figures 3A à 3C). Dans le ruisseau Scotch, cette composition a été établie entre 1950 et 1970, en raison du transfert d'écloseries depuis la rivière Seymour. Les plus petits taux d'échappées enregistrés pour ces stocks ont tous été observés en 2009. Les plus importants taux d'échappées ont été enregistrés pour ces trois stocks en 2010 (cette année étant la génération parentale ou l'année d'éclosion des poissons âgés de quatre ans qui remonteront en 2014) (figures 3A à 3C; figures 6A à 6C).

Exemple type de la plupart des stocks de saumon rouge du fleuve Fraser, le ruisseau Scotch et la rivière Seymour ont affiché un déclin du taux de survie depuis les années 1990 (Grant et al. 2011, Peterman and Dorner 2012). Le stock de montaison tardive de la rivière Shuswap est unique parmi les stocks de saumon rouge du fleuve Fraser car il n'a pas montré de tendance durable du taux de survie (recrue par géniteur : R/G) au fil du temps (Grant et al. 2011, Peterman and Dorner 2012). Tous les stocks de la rivière Shuswap montrent un taux de survie supérieur à la moyenne pour l'année d'éclosion 2006 (montaisons de 2010) et un taux de survie moyen pour les années subséquentes (DFO 2014).

Stock de montaison hâtive de la rivière Shuswap : échappées, taux de succès des reproducteurs et viabilité des œufs

Montaisons prévues

- Les données de stock-recrutement sont disponibles pour le ruisseau Scotch (années d'éclosion de 1980 à 2006) et la rivière Seymour (y compris le ruisseau McNomee)

(années d'éclosion de 1948 à 2006), qui abrite deux des 19 stocks prévus de saumon rouge du fleuve Fraser (figures 6A et 6B).

- Seules des données d'échappées (aucune donnée de recrutement connexe) sont disponibles pour les autres populations, telle que celle de la rivière Eagle, dont les prévisions sont regroupées en tant que stock « divers ».
- Les données de frai pour le saumon rouge élevé dans le lac Shuswap (y compris les stocks de montaison tardive et hâtive de la rivière Shuswap) ont été recueillies surtout lors des cycles dominants et sous-dominants des années d'éclosion de 1948 à 2010. Étant donné la grande abondance du stock de montaison tardive de la rivière Shuswap dans les années de cycles dominants et sous-dominants, ce stock domine les échantillons en ce qui concerne l'abondance des alevins.
- Les modèles de prévisions biologiques qui utilisent des données d'échappées comme variables prédictives pour prévoir les montaisons de 2014 doivent être extrapolés au-delà de la portée des données observées, et ce, en raison des échappées sans précédent de l'année d'éclosion 2010 (figures 3A et 3B; figures 6A et 6B). Diverses prévisions de montaison de début d'été du stock de la rivière Shuswap utilisent aussi des variables prédictives qui dépassent les taux d'échappées historiques de ces stocks.

Migration et frai du poisson adulte : conditions environnementales

- Le saumon qui migre à des températures supérieures à 18 °C peut subir un déclin de sa performance de nage (Eliason et al. 2011). Des températures qui se maintiennent au-dessus de 20 °C peuvent entraîner une mortalité accrue, des maladies et des effets à long terme sur la qualité des œufs (Burt et al. 2011). La température optimale des frayères se situe entre 10 et 12 °C, tandis que la survie des œufs diminue lorsque la température avoisine les 15 °C (Whitney et al. 2013). Le débit important dans le canyon du fleuve Fraser a été associé à des retards de migration (plus de 7 000 mètres cubes par seconde : m^3/s) et peut créer un obstacle infranchissable à la migration (plus de 9 000 m^3/s), ce qui engendre un risque de mortalité accru du poisson et un stress aigu (Macdonald et al. 2012). Un débit faible aux frayères peut avoir des répercussions sur le taux de succès du frai (surpopulation en raison d'une diminution de l'habitat disponible) et la survie des œufs (assèchement des frayères). Autrement, des périodes de débit élevé peuvent causer un mouvement au fond de l'eau et de l'affouillement, et elles peuvent être associées à la mortalité des œufs.
- Pendant la période de montaison des stocks de montaison hâtive de la rivière Shuswap dans la région du bas Fraser (Qualark, C.-B.) (tableau 1), les températures de l'eau étaient au-dessus de la moyenne (tableau 2; figure 7). À l'approche des frayères, dans les rivières Thompson et Thompson Sud, les températures de l'eau étaient dans la moyenne (tableau 2). Aucune donnée sur la température de l'eau n'est disponible pour les réseaux du ruisseau Scotch et de la rivière Seymour, où ces stocks fraient.
- Le débit du fleuve Fraser (Hope, C.-B.), pendant la période de montaison hâtive du stock de la rivière Shuswap, était inférieur à la moyenne (tableau 2; figure 7). Le débit des rivières Thompson et Thompson Sud était inférieur à la moyenne. Les seules données environnementales précises pour la montaison hâtive dans le réseau de la rivière Shuswap sont des valeurs du débit dans la rivière Seymour, lesquelles étaient généralement dans la moyenne pour la plus grande partie de la période de migration, sauf pendant la deuxième quinzaine de septembre, où le débit était supérieur à la moyenne (figure 8A). Ces données coïncident avec des observations aux frayères d'une averse de pluie ou de neige intense dans la partie nord-est du bassin hydrographique vers la fin septembre. Cet événement météorologique pourrait avoir eu des répercussions

négatives sur la survie des œufs par rapport aux alevins dans les rivières Seymour, Anstey et Eagle.

- D'ordinaire, les conditions environnementales (niveaux de l'eau et températures) observées aux frayères étaient favorables à l'état du poisson, et les niveaux de l'eau et les conditions dans le bassin de la rivière Thompson Sud ne semblaient pas limiter l'accès des poissons.

Reproducteurs adultes : échappées

- L'année d'éclosion 2010 constitue l'année du cycle dominant des stocks cycliques de montaison hâtive de la rivière Shuswap (figures 3A et 3B).
- Les échappées de 2010 pour les stocks de montaison hâtive de la rivière Shuswap étaient les plus importantes jamais enregistrées : l'abondance des femelles reproductrices (FR) du ruisseau Scotch (274 000), de la rivière Seymour (y compris du ruisseau McNomee) (288 000) et de la rivière Eagle (79 000) était sans exception deux fois plus élevée que le nombre maximal d'échappées précédent.
- Les populations du ruisseau Scotch et des rivières Seymour et Eagle représentaient 92 % des échappées totales dans ce réseau en 2010.
- La rivière Eagle a été évaluée au moyen de méthodes visuelles. L'évaluation a probablement été biaisée à la baisse en raison des fortes échappées observées dans ce réseau.
- La répartition spatiale des reproducteurs dans le réseau s'est accrue en 2010 étant donné leur nombre exceptionnel; on a observé neuf nouveaux sites de frai utilisés.
- Le ruisseau Scotch a affiché des densités de reproducteurs particulièrement fortes, qui pourraient avoir eu une incidence sur le succès des œufs déposés (il s'agit d'un ruisseau relativement petit, et de fortes densités peuvent signifier que des individus ont creusé parmi les œufs d'autres saumons).

Reproducteurs adultes : période des montaisons

- La période de l'arrivée et du frai était normale.

Succès des reproducteurs : rétention et viabilité des œufs

- Une mortalité élevée avant le frai a été axée sur les arrivées les plus hâtives (moment où ce type de mortalité a généralement lieu), comme l'indiquent des relevés sur les carcasses des femelles aux frayères. Le succès du frai (basé sur le nombre d'œufs retenus dans les carcasses évaluées) en 2010 (89 %) était inférieur à la moyenne (93 %); le succès du frai est pris en compte dans les prévisions concernant le saumon rouge du fleuve Fraser en utilisant les femelles reproductrices comme variables prédictives.
- Le succès du frai fournit une mesure directe des œufs relâchés dans les frayères, mais il ne donne pas une réelle mesure du succès du frai en ce qui concerne le dépôt ou la viabilité des œufs. Un certain nombre de mesures physiologiques ont servi à évaluer la santé globale du poisson frayant. Ces mesures peuvent servir à déterminer le succès potentiel de la construction de frayères et du dépôt d'œufs dans ces frayères par les reproducteurs, et pas seulement à déterminer la quantité d'œufs relâchés. De la même façon, des estimations directes de la qualité des œufs et du sperme ont servi à évaluer la viabilité des gamètes des œufs déposés.
- Une série d'échantillons biologiques ont été recueillis sur des saumons rouges reproducteurs en 2010 afin d'évaluer le dépôt et la viabilité des œufs : physiologie (ions et

métabolites), stéroïdes (maturation et stress), état (énergie et lipides) et maladies (ARN et histopathologie). Idéalement, une analyse multivariée de l'ensemble de ces variables donnerait une représentation holistique de l'état du poisson. Cependant, en l'absence de telles analyses approfondies, il est possible de se servir de certains paramètres de substitution de l'état général. Par exemple, la glycémie chez les reproducteurs peut représenter une mesure intégrée de leur capacité à maintenir l'homéostasie métabolique, tandis que la teneur en lipides constitue un indicateur des réserves d'énergie. Une glycémie saine se situe entre 4 et 7 micromoles par litre (µm/l), et des valeurs inférieures ou supérieures à cette fourchette sont jugées anormales. Elles sont liées au décès prématuré du poisson arrivé aux frayères sans toutefois avoir commencé à frayer (figure 12A). Chez les poissons qui fraient activement, il est normal que la glycémie augmente bien au-dessus de 10 µm/l, mais ces valeurs mèneront à une rapide sénescence. La teneur normale en lipides des poissons arrivant aux frayères se situe entre 2,5 et 4,0 % (figure 12B). La teneur en lipides des poissons qui fraient activement peut tomber juste sous les 2 %. Si la teneur en lipides d'un poisson qui n'a pas commencé à frayer activement se situe près du seuil de 2 %, il est peu probable qu'il réussira à frayer. L'interprétation de n'importe quelle variable physiologique, comme la glycémie ou la teneur en lipides, chez les poissons aux frayères est relative à leur comportement (c.-à-d. à l'arrivé/en rétention, apparié/frayant, charognard/moribond).

- En 2010, les adultes des stocks de montaison hâtive de la rivière Shuswap et du ruisseau Scotch échantillonnés aux frayères (40 reproducteurs: 20 mâles et 20 femelles) affichaient une glycémie et une teneur en lipides de 15,3 µm/l et de 1,7 % respectivement (figures 12A et 12B). La glycémie et la teneur en lipides élevées indiquent que certains individus aux frayères étaient en très mauvais état et qu'ils n'obtiendraient probablement pas un taux succès de 100 % (dépôt et viabilité des œufs). Il faudrait faire preuve de prudence pour comparer directement ces valeurs aux valeurs métriques des autres stocks en raison des différences dans les comportements. Tous les poissons du ruisseau Scotch ont été capturés directement aux frayères durant le frai actif, tandis que les échantillons de la majorité des autres stocks étaient composés de poissons matures en rétention ou en rétention et frayants.
- D'autres échantillons génomiques ont été prélevés sur toutes les femelles reproductrices échantillonnées en 2010. Ces analyses sont en cours et feront la lumière sur les profils d'expression génétique associés aux principaux paramètres physiologiques. Elles fourniront également des renseignements sur la présence de microbes. D'autres renseignements seront donc publiés sur les paramètres physiologiques et les résultats génomiques en lien avec le succès du frai et la viabilité des œufs. Des échantillons histologiques archivés sont aussi disponibles à des fins d'analyse du potentiel de maladie, mais leur analyse n'est pas prévue pour l'instant.
- En 2010, la viabilité des gamètes de huit stocks du fleuve Fraser a été étudiée. La méthodologie détaillée est présentée dans Whitney et al. (2013). En résumé, pour chaque stock, 20 mâles et 20 femelles ont été prélevés le même jour et ont servi à former 60 paires uniques. Chaque mâle et chaque femelle a été croisé avec au moins trois partenaires. La survie des œufs a été surveillée afin d'évaluer les problèmes associés à la viabilité des gamètes de chaque parent. D'après les méthodes précédentes, la survie maximale des œufs œillés pour un seul individu devrait être de plus de 80 % de la survie maximale des œufs œillés pour un groupe donné de fécondateurs (ajustement de la variabilité de l'incubation). Les problèmes à l'échelle de la population sont évalués d'après le nombre d'individus affichant une survie maximale de moins de 80 %. Cette mesure peut servir à comparer les stocks. En ce qui concerne les stocks de montaison hâtive de

la rivière Shuswap et du ruisseau Scotch, la survie moyenne des œufs œillés était de 80 % (figure 13A). Tous les reproducteurs mâles et femelles évalués dans le ruisseau Scotch étaient fertiles; seules deux femelles se situaient sous la valeur ajustée de 80 %, ce qui suppose seulement des problèmes mineurs en lien avec la viabilité des œufs déposés avec succès.

Stock de montaison tardive de la rivière Shuswap : échappées, taux de succès de la reproduction et taux de viabilité des œufs

Montaisons prévues

- Des données sur le stock-recrutement sont disponibles pour les montaisons tardives dans la rivière Shuswap (années d'éclosion de 1948 à 2006) (figure 6C), dont des données sur l'un des 19 stocks de saumon rouge du fleuve Fraser ayant fait l'objet de prévisions.
- Les données sur les alevins élevés dans le lac Shuswap (y compris les stocks de montaison hâtive et tardive de la rivière Shuswap) ont été recueillies surtout lors des cycles dominants et sous-dominants des années d'éclosion de 1948 à 2006. Étant donné la grande abondance du stock de montaison tardive de la rivière Shuswap dans les années de cycles dominants et sous-dominants, ce stock domine les échantillons en ce qui concerne l'abondance des alevins.
- Les modèles de prévisions biologiques qui utilisent des données d'échappées ou sur les juvéniles comme variables prédictives pour prévoir les montaisons de 2014 doivent être extrapolés au-delà de la portée des données observées, et ce, en raison des échappées et de l'abondance des alevins sans précédent de l'année d'éclosion 2010 (figure 3C; figure 6C).

Migration et frai du poisson adulte : conditions environnementales

- Durant la période de migration vers l'aval du stock de montaison tardive de la rivière Shuswap dans le bas Fraser (Qualark, C.-B.) (tableau 1), les températures de l'eau pendant la majeure partie de la montaison étaient dans la moyenne, mais les premiers poissons migrateurs (avant la mi-août) se sont trouvés dans une eau dont la température était supérieure à la moyenne (figure 7). À l'approche des frayères, dans les rivières Thompson Sud et Thompson, les températures de l'eau étaient dans la moyenne (tableau 2). Dans la rivière Adams, où fraie la majorité du stock de montaison tardive de la rivière Shuswap, les températures de l'eau étaient dans la moyenne (figure 8B) durant la période de frai en septembre et en octobre.
- Le débit du fleuve Fraser (Hope, C.-B.), pendant la période de migration tardive dans la rivière Shuswap, était inférieur à la moyenne (tableau 2; figure 7). Le débit des rivières Thompson et Thompson Sud était inférieur à la moyenne. Dans la rivière Adams, le débit était dans la moyenne (tableau 2; figure 8C).
- Les niveaux, la visibilité et les températures de l'eau étaient généralement favorables au frai et au dénombrement dans la plupart des cours d'eau de la rivière Thompson Sud en 2010.

Reproducteurs adultes : échappées

- L'année d'éclosion 2010 est l'année de cycle dominant pour le stock très cyclique de montaison tardive de la rivière Shuswap (figure 3C), qui fraie principalement dans le cours inférieur des rivières Adams, Little et Shuswap.

- La montaison de 2010 du stock de montaison tardive de la rivière Shuswap a atteint un sommet inégalé de 3,1 millions de FR, ce qui est supérieur à la dernière échappée maximale de 2,8 millions de FR observée en 2002 (figure 3C; figure 6C).
- Étant donné l'importante échappée en 2010, on a observé des individus frayant à des endroits jamais encore utilisés à cette fin (néanmoins, l'étendue du frai était inférieure à celle observée en 2002).

Reproducteurs adultes : période des montaisons

- Le stock tardif de montaison tardive de la rivière Shuswap a affiché un comportement migrateur très différent entre le lac et les frayères en 2010 par rapport à l'échappée record de 2002. En 2002, tous les poissons se sont rendus aux frayères en groupe, tandis qu'en 2010, la migration s'est étirée de la fin août jusqu'en novembre, les saumons rouges se rendant dans la rivière Adams (principale frayère du stock de montaison tardive de la rivière Shuswap) pour y frayer par vagues, déposant leurs œufs sur ceux des autres saumons. Toutefois, l'abondance en 2010 n'a pas été aussi frappante qu'en 2002.

Succès des reproducteurs : rétention et viabilité des œufs

- La mortalité élevée avant le frai a été axée sur les arrivées les plus hâtives (moment où ce type de mortalité a généralement lieu), comme l'indiquent des relevés menés sur les carcasses des femelles aux frayères, mais elle est demeurée anormalement élevée tout au long de la montaison. Le succès du frai (basé sur le nombre d'œufs retenus dans les carcasses évaluées) en 2010 (73 %) était inférieur à la moyenne (94 %); le succès du frai est pris en compte dans les prévisions concernant le saumon rouge du fleuve Fraser en utilisant les femelles reproductrices comme variables prédictives.
- Pour obtenir une description des échantillons biologiques et des méthodes d'évaluation du dépôt et de la viabilité des œufs (figures 12A et 12B), consulter la section sur le stock de montaison hâtive de la rivière Shuswap.
- En 2010, on a pratiqué un échantillonnage des adultes du stock de montaison tardive de la rivière Shuswap en vue de vérifier leur taux de glycémie; les poissons ont été prélevés dans les zones d'approche marines, à leur entrée dans le fleuve Fraser, et aux frayères. On a aussi échantillonné des poissons pour déterminer leur teneur en lipides aux frayères. L'état général du poisson à chaque emplacement d'échantillonnage indiquait toujours que les poissons étaient en santé. Par exemple, la glycémie des saumons rouges migrateurs (milieux marins et d'eau douce) était bien dans la fourchette normale (figure 12A). La glycémie plus élevée aux frayères (environ 10 µm/l) correspond à une partie des poissons qui fraient (figure 12A). La teneur moyenne en lipides des reproducteurs de la rivière Adams en 2010 (2,7 %) était comparable à celle d'autres stocks (figure 12B) et aux valeurs des années précédentes (Crossin et al. 2004).
- Pour obtenir une description des échantillons biologiques et des méthodes d'évaluation de la viabilité des gamètes, consulter la section sur le stock de montaison hâtive de la rivière Shuswap. En ce qui concerne les stocks de montaison tardive des rivières Shuswap et Adams, la survie moyenne des œufs œillés était de 81 % (figure 13A). On a observé une certaine variabilité entre les femelles (figure 13B), mais seules quelques femelles affichaient des taux de succès des œufs œillés inférieurs à la valeur ajustée de 80 % du maximum moyen pour la population. En comparaison, le taux de survie des œufs en 2006 et en 2002 était de 97 % et de 81 % respectivement. En 2010, il n'y avait aucun indice d'un déclin généralisé de la qualité des gamètes.

Tous les stocks de la rivière Shuswap : stades de vie en eau douce (alevins et saumoneaux)

Juvéniles (alevins)

- Des relevés pélagiques des saumons rouges juvéniles dans le réseau du lac Shuswap (qui comprend les lacs Shuswap et Mara) ont été menés depuis 1975, surtout sur les cycles dominants et sous-dominants. Des estimations hydroacoustiques de l'abondance et de la répartition des alevins, combinées à des échantillons biologiques (y compris la longueur et le poids) prélevés à l'aide de chaluts pélagiques, donnent des estimations de la densité et de la biomasse de la population de saumons rouges juvéniles. Pour connaître les méthodes complètes, voir MacLellan et Hume (2010).
- La relation entre les FR de l'année d'éclosion et les alevins d'automne issus de ces génitrices affiche une survie en eau douce dépendante de la densité lorsque l'abondance des reproducteurs est plus élevée, et elle a été modélisée dans un modèle de Ricker (R^2 = 0,8) et un modèle de Berverton-Holt (R^2 = 0,6) (figure 14A).
- En 2010, l'échappée totale de la combinaison des stocks de montaison hâtive et tardive de la rivière Shuswap (8,9 millions), qui utilisent le complexe du lac Shuswap pour l'élevage des alevins, était bien supérieure à l'abondance des reproducteurs qui maximise la production des juvéniles dans le réseau lacustre (S_{max}), selon le calcul des valeurs du rendement photosynthétique (2,2 millions, mis à jour d'après Grant *et al.* 2011), ou d'après les données de stock-recrutement [2,5 millions]). On s'attend donc à une compensation (réduction de la croissance ou de la survie) en raison des densités élevées d'alevins (figure 15A).
- Étant donné le grand nombre de reproducteurs (en tant qu'indice de l'abondance des œufs) présents dans le système pendant les années du cycle dominant (moyenne de FR : 1,2 million) par rapport aux années du cycle sous-dominant (moyenne de FR : 180 000), la moyenne de la survie précoce en eau douce est plus basse pour le cycle dominant (91 alevins d'automne/FR, *n* = 10) que le cycle sous-dominant (202 alevins d'automne/FR, *n* = 8). Au cours des dernières années (années d'éclosion après 1990), la survie précoce en eau douce pour les années de cycle dominant (moyenne = 66 alevins d'automne/FR; *n* = 7) s'est maintenue sous la moyenne à long terme. Malgré l'échappée exceptionnelle de 3,1 millions d'individus en 2010 (cycle dominant), la survie (52 alevins d'automne/FR) pour cette année d'éclosion était similaire à la moyenne récente du cycle dominant (figure 15A).
- Le taux de survie réduit au cours des années dominantes serait principalement attribuable aux limitations du réseau trophique du lac lorsque les densités d'alevins sont élevées, mais peut-être aussi, pour certains stocks, aux limitations des frayères qui accueillent de grands nombres de reproducteurs dans des tributaires limités sur le plan spatial (p. ex., observé dans le ruisseau Scotch en 2010).
- Malgré la survie en eau douce inférieure à la moyenne (voir les deux paragraphes précédents), l'abondance des alevins de l'année d'éclosion 2010 (187 millions) dans le réseau du lac Shuswap a été l'une des plus importantes jamais enregistrées; par le passé, la plus importante abondance d'alevins (173 millions) a été observée en 1978. La seconde échappée en importance pour une année d'éclosion (2002) a engendré une abondance de 132 millions d'alevins (figure 14A).
- La taille des alevins d'automne pour l'année d'éclosion 2010 (poids moyen : 2,3 g; longueur moyenne : 60 mm) était similaire à la moyenne du cycle dominant (poids moyen : 2,3 g; longueur moyenne : 60 mm; *n* = 9 ans), et elle était légèrement supérieure

à la taille moyenne des alevins de l'échappée record précédente de l'année d'éclosion 2002 (poids moyen : 2,0 g; longueur moyenne : 58 mm). En moyenne, les alevins d'automne des cycles sous-dominants historiques (1975-2003) ont atteint une masse environ 22 % supérieure à celle des alevins du cycle dominant.

Juvéniles (saumoneaux)

- On a échantillonné des saumoneaux des années d'éclosion 2010 et 2011 pour étudier les effets de la dépendance de la densité sur la survie et l'état du poisson. L'échantillonnage a été effectué chaque semaine du début mai à la mi-juin.
- Comme prévu, étant donné les différences dans les densités d'alevins entre les cycles dominants et sous-dominants, la croissance globale des saumons rouges juvéniles dans le lac Shuswap pour l'année d'éclosion 2010 était plus lente que pour l'année d'éclosion 2011, lorsqu'on en compare les stades pélagique, côtier et de saumoneau. La longueur à la fourche et le poids moyens des saumoneaux de l'année d'éclosion 2010 (longueur moyenne : 67,9 ± 0,7 mm, intervalle de confiance [IC] de 95 %; poids moyen : 2,7 ± 0,1 g, IC de 95 %) étaient considérablement plus bas ($p < 0,001$ pour les deux) que ceux de l'année d'éclosion 2011 (longueur moyenne : 80,7 ± 3,7 mm, IC de 95 %; poids moyen : 4,6 ± 2,3 g, IC de 95 %). La croissance en hiver des alevins d'automne était considérablement plus faible pour l'année d'éclosion 2010 (0,4 g) que pour l'année d'éclosion 2011 (1,4 g). Il existe une corrélation positive entre la taille des saumoneaux rouges et la survie des adultes (Ricker 1962, Henderson and Cass 1991, Koenings et al. 1993, Bradford et al. 2000).
- En 2012 (année d'éclosion 2010), on a échantillonné les saumoneaux rouges se préparant à quitter le lac Shuswap au moyen de chaluts vers la fin avril, et capturé des saumoneaux rouges sortant du lac Shuswap au moyen de sennes de plage dans la rivière Little afin de mieux analyser leur état. Des échantillons ont été collectés chaque semaine du 1er mai jusqu'au 15 juin, après quoi il a fallu interrompre l'échantillonnage en raison du niveau élevé de l'eau. Au moins 50 saumoneaux ont été capturés par nuit, les plus gros échantillons ayant été prélevés à la mi-mai. D'autres échantillons de saumoneaux du lac Shuswap ont été capturés à Mission de la fin avril à la fin mai. On les a analysés pour déterminer leur teneur en lipides (teneur corporelle totale en lipides) et en triacylglycérols (ces analyses sont en cours).
- La majorité des renseignements sur l'état des saumoneaux concerne des poissons élevés en écloserie et des populations de saumon appartenant à une autre espèce que le saumon rouge (Biro et al. 2004; Naesje et al. 2006). Très peu de valeurs ont été publiées sur la teneur en lipides des saumoneaux rouges sauvages en dévalaison (Powell et al. 2010; Farley et al. 2011), et il n'existe aucune donnée historique sur la teneur en lipides des saumoneaux du lac Shuswap pouvant être comparée directement à des études récentes. On a estimé le seuil prudent de la teneur en lipides à environ 2 %, d'après une étude sur le saumon adulte et des rapports sur d'autres espèces (Gardiner & Geddes 1980; Crossin et al. 2003; Powell et al. 2010; Farley et al. 2011). La limite inférieure de la teneur en lipides chez les salmonidés juvéniles au décès est de 1 %, d'après des études menées en laboratoires sur des truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) juvéniles affamées. Cependant, on ne sait pas à quel point les poissons dont la teneur en lipides approche de la limite de 1 % peuvent encore se rétablir de ce grave niveau d'inanition. La limite de prudence a été fixée à 2 %, et le seuil critique a été établi à 1,5 % pour les poissons sauvages, ce qui signifie que la survie d'un individu sera compromise si sa teneur en lipides est inférieure à 2 %, et qu'elle sera peu probable si elle tombe sous les 1,5 %. Une faible teneur en lipides est aussi associée à de faibles taux de croissance et à un risque accru de prédation (Post & Parkinson 2001; Farley et al. 2011).

- La teneur moyenne en lipides chez les saumoneaux rouges capturés dans la rivière Little et à Mission était de 3,0 % (écart-type [ET] = 0,8 %) et de 2,2 % (ET = 0,7 %) respectivement. Durant la principale période de dévalaison, on n'a observé aucun profil temporel de la teneur en lipides à un emplacement donné. Cependant, la faible teneur en lipides chez les saumoneaux du lac Shuswap vers la fin de leur avalaison à Mission est préoccupante puisqu'un grand nombre de poissons sont près du seuil critique minimal de 1,5 %. La teneur en lipides (2,2 %) observée à Mission a été constatée chez les saumoneaux de la rivière Chilko en 2012.

Limnologie du lac Shuswap

- Des évaluations limnologiques du réseau de la rivière Shuswap (lacs Shuswap et Mara) ont été réalisées en 1987-1993, en 2011 et en 2012. Cette série chronologique comprend des années d'élevage (année d'éclosion + 1) des cycles dominants (1991, 2011), sous-dominants (1988, 1992, 2012) et faibles (1989, 1990, 1993). Une série complète de variables physiques, chimiques et biologiques pertinentes pour les conditions d'élevage du saumon rouge ont été mesurées dans le cadre de ces relevés, notamment la structure thermique du lac, le rendement photosynthétique ainsi que les assemblages et la biomasse des espèces de zooplancton. Les méthodes utilisées pour ces relevés sont décrites de façon générale dans Nidle et Shortreed (1996), Morton et Shortreed (1996) et Shortreed (2007).
- La biomasse du macrozooplancton et des daphnies (ces dernières constituent une proie de prédilection pour les salmonidés juvéniles et représentent entre 85 et 95 % du régime alimentaire d'automne des saumons rouges d'âge 0 dans le lac Shuswap) était plus faible en 2011 qu'en 2012 (année d'éclosion 2010 par rapport à l'année d'éclosion 2011), ce qui fournit la preuve d'une forte pression exercée par le broutage des alevins et dépendante de la densité de ces derniers. Comme prévu, les diminutions de la biomasse du zooplancton en 2011 (année d'éclosion 2010) ont été plus importantes dans le bras principal du lac Shuswap, où les alevins de saumon rouge sont les plus abondants. En 2011, la biomasse des daphnies dans le bras principal a décliné de façon générale après juin (période pendant laquelle les saumons rouges juvéniles se déplacent vers le large), ce qui correspond aux fortes pressions exercées par les niveaux trophiques supérieurs sur les niveaux inférieurs qui ont été décelées d'après les plus faibles taux de croissance des alevins.
- La survie en eau douce (alevin/FR) dans le lac Shuswap a décliné après 1990, surtout en ce qui concerne le cycle sous-dominant. Même si les évaluations limnologiques ont longtemps été interrompues dans le lac Shuswap (aucune évaluation n'a été menée de 1994 à 2010), les données récentes indiquent que le rendement photosynthétique a augmenté d'environ 45 % entre le début des années 1990 et 2011-2012. L'augmentation du rendement photosynthétique devrait être corrélée avec la survie accrue en eau douce (Hume et al. 1996, Shortreed et al. 2000). Cependant, une hausse de la densité des alevins au cours de la dernière décennie (dans plusieurs cas excédant la capacité de charge du lac) et d'autres agents de stress dans le lac Shuswap (étude en cours) pourraient avoir engendré des effets dépendants de la densité sur la fonction et la structure du réseau trophique, et donc une réduction de la survie et de la croissance en eau douce.

Stocks de la rivière Chilko

Comme dans le réseau du lac Shuswap, le saumon rouge de la rivière Chilko est divisé en un stock de montaison du début de l'été et en un stock de montaison d'été. Toutefois, le stock de montaison du début de l'été ne représente qu'un faible pourcentage (< 10 %) de l'abondance

totale du stock de la rivière Chilko et, dans les estimations relatives aux échappées et aux saumoneaux, il est combiné au stock de montaison d'été. La série chronologique de données du stock-recrutement du saumon rouge de la rivière Chilko s'étend de 1948 à aujourd'hui (figure 6D). Le stock de la rivière Chilko n'affiche présentement aucun cycle dominant (figure 4A). La plus grande échappée jamais enregistrée pour le stock de la rivière Chilko est attribuable à l'année d'éclosion 2010 (génération parentale des poissons d'âge 4 en montaison en 2014) (figure 4A).

Comme pour la majorité des stocks de saumons rouges du fleuve Fraser, la survie du saumon rouge de la rivière Chilko a subi des déclins persistants depuis les années 1990. Au cours des dernières années, la survie s'est maintenue dans la moyenne. Le stock de la rivière Chilko est le seul pour lequel on peut utiliser une série chronologique à long terme de données sur l'abondance du saumoneau pour répartir la survie totale selon les composantes marine et d'eau douce. La survie en eau douce du stock de la rivière Chilko a varié au cours des dernières années (figure 2A), et la survie en milieu marin s'est améliorée ces dernières années, après une période de déclin dans les années 1990 (figure 2B).

Montaisons prévues

- Des données sur le stock-recrutement sont disponibles pour le stock de la rivière Chilko (années d'éclosion de 1948 à 2006) (figure 6D), qui est l'un des 19 stocks de saumon rouge du fleuve Fraser ayant fait l'objet de prévisions.
- Des données sur les saumoneaux sont recueillies durant leur dévalaison depuis le lac Chilko (années d'éclosion 1949-2006) (figure 4B).
- Les modèles de prévisions biologiques qui utilisent des données d'échappées comme variables prédictives pour prévoir les montaisons de 2014 doivent être extrapolés au-delà de la portée des données observées, et ce, en raison de l'échappée sans précédent de l'année d'éclosion 2010 (figure 4A; figure 6D). Toutefois, étant donné la survie en eau douce exceptionnellement faible de l'année d'éclosion 2010 (figure 2B), l'abondance estimée des saumoneaux se trouve à l'extrémité supérieure de la fourchette historique (sans toutefois en sortir) (figure 4B). En conséquence, les modèles biologiques qui utilisent les saumoneaux comme variables prédictives pour prévoir la montaison de 2014 ne sont pas extrapolés au-delà de la fourchette de données observées.

Reproducteurs adultes : conditions environnementales

- Durant la période de montaison du saumon rouge de la rivière Chilko dans le bas Fraser (tableau 1), les températures de l'eau (Qualark, C.-B.) étaient supérieures à la moyenne pendant la première moitié de la période de migration et dans la moyenne pendant la seconde moitié (figure 7). Le débit (Hope, C.-B.) était sous la moyenne (figure 7). On ne dispose d'aucune donnée sur la température de l'eau dans le réseau de la rivière Chilko en 2010. Le débit dans le réseau de la rivière Chilko durant la migration et le frai était supérieur à la moyenne en août et sous la moyenne en septembre (tableau 2; figure 9B).
- Les conditions environnementales (niveaux et températures de l'eau) observées aux frayères étaient généralement favorables au frai.

Reproducteurs adultes : échappées

- Les échappées du stock de la rivière Chilko en 2010 ont été les plus importantes jamais enregistrées, atteignant 1,2 million de FR. C'est environ le double de la dernière échappée la plus importante survenue par le passé, avec 598 000 individus (figure 4A). Le stock de la rivière Chilko n'est pas considéré comme étant cyclique.

Reproducteurs adultes : période des montaisons

- La période de l'arrivée et du frai était normale.

Succès des reproducteurs : rétention et viabilité des œufs

- Une mortalité élevée avant le frai a été axée sur les arrivées les plus hâtives (moment où ce type de mortalité a généralement lieu), d'après des relevés menés sur les carcasses des femelles aux frayères. Le succès du frai (basé sur le nombre d'œufs retenus dans les carcasses évaluées) en 2010 (86 %) était dans la moyenne (91 %); le succès du frai est pris en compte dans les prévisions sur le saumon rouge du fleuve Fraser en utilisant les femelles reproductrices comme variables prédictives.
- Pour obtenir une description des échantillons biologiques et des méthodes d'évaluation du dépôt et de la viabilité des œufs (figures 12A et 12B), consulter la section sur le stock de montaison hâtive de la rivière Shuswap.
- En 2010, des adultes reproducteurs prélevés aux frayères de la rivière Chilko affichaient une glycémie élevée et une forte teneur en lipides (figures 12A et 12B). La teneur élevée en lipides est normale en raison de l'emplacement de la capture et des observations connexes selon lesquelles la majorité des poissons n'avaient pas encore commencé à frayer (Crossin *et al.* 2004). Cependant, aux frayères, une glycémie élevée est normalement associée aux individus qui affichent un niveau d'énergie très bas (< 2 %) et qui fraient activement. Cette divergence indique qu'une partie des poissons de la montaison n'étaient pas en santé.
- Voir la section sur le stock de montaison hâtive de la rivière Shuswap en ce qui concerne le contexte et les méthodes utilisées pour déterminer la viabilité des gamètes. La viabilité globale des gamètes était de 59 % pour l'échantillon de l'année d'éclosion 2010 du stock de la rivière Chilko, ce qui est considéré comme faible par rapport aux autres stocks (figure 13A) et années (la survie de l'année d'éclosion de 2002 était de 80 %). De plus, sept femelles se situaient sous le seuil de 80 %, et le pourcentage du coefficient de variation (CV) (65 %) pour la population était très élevé (figure 13A). Il existe donc certaines préoccupations concernant l'état des adultes et la viabilité globale des œufs déposés en 2010.

Juvéniles (saumoneaux)

- Le stock de la rivière Chilko est le seul pour lequel une série chronologique à long terme (années d'éclosion de 1949 à aujourd'hui) de données sur l'abondance des saumoneaux a été collectée. Les saumoneaux sont dénombrés au moyen d'une barrière de dénombrement située à la décharge du lac Chilko. On peut ensuite combiner les données sur les saumoneaux aux données sur les échappées et les montaisons des adultes afin d'obtenir une série chronologique sur la survie en eau douce (et marine) (figures 2A et 2B).
- La relation entre les FR de l'année d'éclosion et les alevins d'automne issus de ces génitrices dans le lac Chilko affiche une survie en eau douce dépendante de la densité lorsque l'abondance des reproducteurs est plus élevée, et elle a été modélisée dans un modèle de Ricker (R^2 = 0,4) et un modèle de Berverton-Holt (R^2 = 0,4) (figure 14B). Ce stock n'est pas considéré comme cyclique, car il n'affiche aucune tendance d'abondance constante d'une année sur l'autre.
- En 2010, l'échappée totale du stock de la rivière Chilko (2,5 millions) était de loin supérieure à l'abondance des reproducteurs qui maximise la production de juvéniles dans le réseau du lac (S_{max}), selon un calcul effectué d'après le rendement photosynthétique

(710 685; mis à jour d'après Grant *et al.* 2011) ou des données de stock-recrutement (430 000; Grant et al. 2011). Il devrait donc se produire une compensation (réduction de la croissance ou de la survie) en raison de la densité élevée des alevins en croissance dans le lac (figure 15B).

- Étant donné l'échappée exceptionnelle de l'année d'éclosion 2010 (1,2 million; figure 4A), la survie en eau douce pour cette génération (47 saumoneaux/FR) a été l'une des plus faibles observées de toute la série chronologique historique (figure 2A), tombant presque trois fois sous la moyenne (118 saumoneaux/FR). La survie en eau douce de l'année d'éclosion 2010 a été d'environ 70 % de celle observée pour la seconde échappée en importance jamais enregistrée, en 1991 (66 saumoneaux/FR; échappée : 600 000 saumons rouges). Les données limnologiques laissent entendre que la survie en eau douce pourrait avoir été limitée par la surexploitation du réseau trophique du lac Chilko, mais peut-être aussi par les limitations des frayères lorsque la densité des reproducteurs est si élevée.
- La majorité des saumons rouges de la rivière Chilko fraient dans la décharge du lac Chilko (extrémité nord), ce qui crée vraisemblablement des limitations aux frayères lors des années d'abondance élevée, comme l'année d'éclosion 2010. En outre, des preuves hydroacoustiques obtenues lors de fertilisations du lac durant les années 1980 et 1990 indiquent que les alevins se réunissent à l'extrémité nord du lac. Il s'agit de la zone par laquelle la majorité des alevins de saumon rouge entrent dans le milieu d'élevage du lac Chilko, et où est observée l'abondance la plus élevée de zooplancton (proies). Il existe un gradient nord-sud de la productivité du réseau trophique dans le lac Chilko, principalement attribuable à l'influence de la turbidité glaciaire différentielle.
- Malgré une survie en eau douce inférieure à la moyenne, l'abondance des saumoneaux d'âge 1 produits par l'année d'éclosion 2010 (55 millions) se situait toujours dans la moyenne (19,5 millions). Cependant, cette abondance demeure dans la fourchette historique de données (figures 4B et 14B).
- La longueur des saumoneaux de l'année d'éclosion 2010 (77 mm) était inférieure à la moyenne (83 mm).

Limnologie du lac Chilko

- Des évaluations limnologiques du lac Chilko ont été réalisées entre 1985 et 1993, et plus récemment entre 2009 et 2012. Une série complète de variables physiques, chimiques et biologiques pertinentes pour les conditions d'élevage du saumon rouge a été mesurée dans le cadre de ces relevés, notamment la structure thermique du lac, le rendement photosynthétique ainsi que l'assemblage et la biomasse des espèces de zooplancton. Les méthodes choisies ressemblent à celles utilisées dans le lac Shuswap et sont décrites de manière générale dans Bradford *et al.* (2000) et Shortreed (2007).
- On a procédé à une fertilisation expérimentale dans le lac Chilko à la fin des années 1980 et au début des années 1990 dans le but d'évaluer l'amélioration de la survie en eau douce (voir Bradford *et al.* (2000)). Même si les évaluations limnologiques ont longtemps été interrompues dans le lac Chilko (aucune évaluation n'a été menée de 1994 à 2008), les données récentes indiquent que le rendement photosynthétique a augmenté d'environ 74 % depuis le début des années 1990 (années sans fertilisation) pour atteindre une nouvelle productivité similaire à celle observée lorsque plus de 100 tonnes de fertilisants inorganiques étaient appliquées chaque année (Selbie et al. 2010). Cette transition représente un changement rapide de la productivité du lac pour un réseau aussi grand. L'augmentation du rendement photosynthétique devrait être corrélée avec la survie accrue en eau douce (Hume et al. 1996, Shortreed et al. 2000). Cependant, les

augmentations de la densité des alevins, en plus des possibles restrictions aux frayères pour l'année d'éclosion 2010, peuvent avoir engendré des effets dépendants de la densité sur la fonction et la structure du réseau trophique, et donc une réduction de la croissance et de la survie en eau douce.

- On a mesuré la biomasse du zooplancton à quatre stations d'échantillonnage limnologiques afin d'obtenir un gradient de la productivité dans le lac Chilko. Une diminution de 20-32 % de la biomasse saisonnière moyenne de zooplancton a été observée dans le lac Chilko durant l'année qu'ont passée les alevins de l'année d'éclosion 2010 dans ce lac, par rapport à la biomasse moyenne de zooplancton lorsque s'y trouvaient les alevins des années d'éclosion 2008, 2009 et 2011. La biomasse de daphnies, qui sont les proies de prédilection et les plus riches en énergie pour les salmonidés juvéniles, a été réduite de 94-99 % au fil de la saison de croissance en 2011, ce qui indique de fortes pressions exercées par le broutage des organismes des niveaux trophiques supérieurs sur les niveaux inférieurs dans le lac Chilko. Cela serait en partie responsable de la forte réduction de la survie en eau douce et de l'arrêt de la croissance observés pour l'année d'éclosion 2010.

Rivière Harrison (Aperçu Général Seulement)

- Le saumon rouge de la rivière Harrison a connu des montaisons et des échappées exceptionnelles depuis l'année d'éclosion 2001 : avant 2001, les échappées moyennes étaient de 6 000 FR (maximum : 24 000 FR), et les échappées moyennes après 2005 étaient de 110 000 FR (maximum : 400 000 FR) (figure 5A).
- Le stock de saumon rouge de la rivière Harrison est unique parmi tous les stocks de saumon rouge du fleuve Fraser, car il migre vers l'océan peu de temps après avoir émergé du gravier et ne passe pas un an supplémentaire à grandir dans les lacs d'eau douce. De plus, après être entré dans le détroit de Georgie, ce stock demeure dans ce réseau pendant environ six mois, puis émigre en grande partie par le détroit de Juan de Fuca au sud. Tous les autres stocks de saumon rouge du fleuve Fraser migrent rapidement par le détroit de Georgie et se rendent dans le Pacifique Nord par le détroit de Johnstone au nord.
- Le saumon rouge de la rivière Harrison se distingue aussi sur le plan de la structure selon l'âge : les montaisons sont constituées de proportions variables de poissons d'âge 3_1 et 4_1. Les proportions de poissons d'âge 3 sont plus faibles les années impaires (moyenne : 0,26) que les années paires (moyenne : 0,45), probablement en raison des interactions avec les saumons roses qui fraient dans le réseau de la rivière, ce qui retarde la maturation du saumon rouge de la rivière Harrison (Grant et al. 2011). À l'instar d'autres stocks, la proportion de poissons d'âge 3 a décliné après 1980 (Grant et al. 2011).
- Les échappées du stock de la rivière Harrison pour les années d'éclosion 2010 et 2011, qui correspondent aux montaisons des poissons d'âge 3 et 4 en 2014, ont été exceptionnelles, avec 400 000 FR les deux années (figures 5A et 6E).
- Durant la période de montaison du saumon rouge de la rivière Harrison dans le bas Fraser (tableau 1), les températures de l'eau (Qualark, C.-B.) étaient supérieures à la moyenne pendant la première moitié de la période de migration et dans la moyenne pendant la seconde moitié (figure 7). Le débit (Hope, C.-B.) était sous la moyenne (tableau 2; figure 7). Dans la rivière Harrison, pendant la période de migration et de frai des adultes, les températures de l'eau ont varié entre inférieure à la moyenne et dans la moyenne (figure 10A), et le débit était supérieur à la moyenne (même si les données sur le débit sont incomplètes pour les périodes de migration et de frai) (tableau 2; figure 10B).

- Des adultes reproducteurs prélevés dans la rivière Harrison en 2010 affichaient une glycémie et une teneur en lipides dans la normale (figures 12A et 12B).
- La combinaison des importantes échappées en 2010 et en 2011 et de la hausse spectaculaire de la survie et de l'abondance du saumon rouge de la rivière Harrison depuis l'année d'éclosion 2000 empêche d'utiliser des modèles normalisés de stock-recrutement pour prévoir les montaisons de ce stock (figure 6E). Il faut obtenir plus de données pour répartir la série chronologique de stock-recrutement pour cette récente période de production élevée afin de modéliser cette relation.
- Actuellement, on comprend mal ce qui provoque les changements considérables de la survie et l'abondance dans la rivière Harrison depuis l'année d'éclosion 2000, mais les mécanismes semblent liés à la structure selon l'âge et au cycle biologique uniques du saumon rouge de la rivière Harrison.

Rivière Quesnel (Aperçu Général Seulement)

- Le stock de saumon rouge de la rivière Quesnel est le seul stock du fleuve Fraser à montrer des signes probants d'effets tardifs de la dépendance de la densité lorsque l'abondance des reproducteurs est plus élevée (Peterman & Dorner 2012). Contrairement à presque tous les autres stocks de saumon rouge du fleuve Fraser, la survie des poissons de la rivière Quesnel ne s'est pas améliorée au cours des dernières années (les montaisons de 2013 se situent à l'extrémité inférieure de la répartition des prévisions, ce qui indique un faible taux de survie).
- À l'opposé du saumon rouge des rivières Shuswap, Chilko et Harrison, le stock de la rivière Quesnel n'a pas affiché d'échappées exceptionnelles (133 000) pour l'année d'éclosion 2010 par rapport à la moyenne du cycle (179 000). Le succès des reproducteurs en 2010 (95 %) était supérieur à la moyenne (84 %). Durant la période de montaison du saumon rouge de la rivière Quesnel dans le bas Fraser (tableau 1), les températures de l'eau (Qualark, C.-B.) étaient supérieures à la moyenne pendant la première moitié de la période de migration et dans la moyenne pendant la seconde moitié (figure 7). Le débit (Hope, C.-B.) était sous la moyenne (figure 7). Durant la migration et le frai des adultes dans le réseau de la rivière Quesnel, les températures de l'eau ont varié entre inférieure à la moyenne et dans la moyenne (figure 11A), et le débit était inférieur à la moyenne (figure 11B).
- En 2010, les adultes reproducteurs prélevés dans le chenal de frai de la rivière Horsefly affichaient une glycémie élevée et une faible teneur en lipides (figures 12A et 12B). Il s'agit là d'une observation normale aux frayères en ce qui concerne les individus qui fraient activement ou dont le frai est terminé.
- La relation entre les FR de l'année d'éclosion et les alevins d'automne issus de ces génitrices dans la rivière Quesnel affiche une survie en eau douce dépendante de la densité lorsque l'abondance des reproducteurs est plus élevée, et elle a été modélisée dans un modèle de Ricker (R^2 = 0,6) et un modèle de Berverton-Holt (R^2 = 0,3) (figure 14A).
- Dans l'écosystème d'eau douce, il y a des preuves de changements de la capacité de charge visible, notamment des augmentations à long terme du rendement photosynthétique et des estimations de la capacité de charge du modèle sur le rendement photosynthétique.
- Le taux de survie en eau douce de l'année d'éclosion (189 alevins d'automne/FR) était dans la moyenne par rapport à tous les cycles (années d'éclosion 1976 à 2010 :

189 alevins d'automne/FR), et l'abondance des alevins d'automne qui en a découlé (25 millions) équivalait également à la moyenne (moyenne des années 1976 à 2010 : 29,8 millions). La taille des alevins d'automne de l'année d'éclosion 2010 (3,8 g) était également semblable à la moyenne (moyenne de tous les cycles de 1976 à 2010 : 3,7 g).

Tous Les Stocks

Composition des stocks pour toutes les échappées en 2010

- Le pourcentage de chaque stock dans l'ensemble des échappées de saumons rouges adultes du fleuve Fraser (sauf le stock de la rivière Harrison) en 2010 (un total de 5,4 millions de saumons rouges) est comparé à la composition des stocks échantillonnés aux emplacements suivants en 2012 (année d'éclosion 2010) : dans le fleuve Fraser, à Mission, pendant l'avalaison des saumoneaux (pièges à vis sans fin); dans le détroit de Georgie (relevés au chalut et à la senne coulissante); dans le détroit de Johnstone pendant la migration des juvéniles qui sortent du détroit de Georgie (relevés au chalut) (tableau 3; figure 19). Le saumon rouge de la rivière Harrison n'est pas inclus dans les calculs du pourcentage des stocks en raison de son cycle biologique unique. Plus précisément, l'échantillonnage des alevins de la rivière Harrison en dévalaison à Mission n'est pas efficace en raison de leur petite taille par rapport aux saumoneaux plus gros des autres stocks, et l'échantillonnage des juvéniles de la rivière Harrison dans le cadre des relevés marins ne peut se comparer aux autres stocks puisque ces juvéniles occupent une répartition spatiale différente des autres saumons rouges du fleuve Fraser.
- Le réseau de la rivière Shuswap (stocks de montaisons hâtive et tardive) représentait la plus importante composante du total des FR en 2010 (70 %); les stocks de montaison tardive de cette rivière représentaient 57 %, et les stocks de montaison hâtive, 13 %. Le stock de la rivière Chilko représentait aussi un pourcentage élevé (22 %), suivi des stocks des rivières Quesnel et Stellako à 2 % chacun. L'ensemble des autres stocks représentait < 2 % du total des FR (tableau 3; figure 19B).

Dévalaison des saumoneaux (à Mission)

- *Conditions de la dévalaison des saumoneaux à Mission :* La plus grande partie de la migration de saumoneaux à Mission a eu lieu avant le débit de pointe (figure 16A). La température de l'eau a augmenté de façon générale de 6 C environ à 9 °C durant l'échantillonnage (figure 16B) (Mahoney et al. 2013).
- *Méthodes :* Au printemps et au début de l'été (du 16 avril au 15 juin) 2011 et 2012, deux pièges mobiles ont été mis à l'eau tous les quatre jours de 6 h 30 à 14 h 30 dans le bas Fraser, près de Mission, en Colombie-Britannique. Ce projet visait à évaluer la période, la taille, l'abondance et la composition du stock des saumons rouges juvéniles en avalaison (Mahoney et al. 2013). Les deux pièges ont été utilisés simultanément : un piège à vis sans fin a été fixé à tribord du navire, et une trappe en pente à bâbord. Les deux pièges ont été modifiés : leur structure a été renforcée et la taille des mailles a été adaptée pour qu'ils puissent être utilisés dans les conditions de crues survenant dans le fleuve Fraser à Mission pendant cette période. Toutes les espèces de saumon piégées ont été dénombrées. Des échantillons biologiques ont été prélevés parmi un sous-ensemble de saumons rouges juvéniles piégés. L'échantillonnage biologique consiste à mesurer la longueur et le poids du poisson, à déterminer l'état des rognures de nageoires et à prélever des échantillons de tissus à des fins d'identification génétique des stocks (IGS) et d'évaluation de la santé (cette analyse est effectuée par d'autres chercheurs).
- *Composition du stock de saumoneaux à Mission :* Un total de 4 156 saumons rouges en dévalaison ont été capturés dans les deux types de pièges en 2012 (année

d'éclosion 2010). Un échantillon de 2 307 saumoneaux rouges a été prélevé à des fins d'identification génétique des stocks (IGS) et d'échantillonnage biologique (p. ex., maladies, parasites, histologie) (tableau 3). Le réseau de la rivière Shuswap (stocks de montaisons hâtive et tardive) représentait la plus importante composante de tout l'échantillon (53 %); le stock de montaison tardive de cette rivière en constituait 44 %, et le stock de montaison hâtive 9 %. Comme dans la composition des échappées par stock, le stock de la rivière Chilko représentait un pourcentage élevé de l'échantillon global (16 %), et celui de la rivière Stellako, 6 %. Contrairement à la composition des échappées par stock, cependant, le stock de la rivière Quesnel composait une plus grande proportion (14 %) de l'échantillon global (tableau 3; figure 19A).

- *Période de la dévalaison des saumoneaux à Mission :* Deux principales vagues ont été observées dans le profil temporel de la migration des saumoneaux à Mission en 2012 (figure 16C). Le premier groupe de stocks à migrer plus loin que Mission comprenait les stocks de montaison d'été de la rivière Chilko et les stocks des rivières Quesnel, Stellako et Gates, près de 50 % de la migration ayant eu lieu entre le 24 et le 28 avril. Le second groupe (qui chevauche le premier) comprenait les stocks de montaisons hâtive et tardive de la rivière Shuswap, et le stocks de montaison tardive de la rivière Seton, près de 50 % de la migration ayant eu lieu entre le 14 et le 18 mai (figure 16C; Mahoney et al. 2013). Remarque : les stocks de montaison sont basés sur la période de la montaison des adultes vers leurs frayères.
- Le stock de la rivière Chilko est le seul pour lequel l'abondance des saumoneaux a été évaluée à la décharge du lac où croissent les alevins, et le nombre de saumoneaux est assez élevé pour être pris en compte dans les pièges à saumoneaux à Mission. La dévalaison des saumoneaux du lac Chilko en 2012 (année d'éclosion 2010) s'est produite dans la période normale de dévalaison, d'après la date à laquelle 50 % des saumoneaux ont passé la barrière de dénombrement de la rivière Chilko par le passé (27 avril), par rapport à la fourchette historique, qui s'étend de la fin avril au début mai.
- À Mission, 50 % des saumoneaux de la rivière Chilko avaient migré en date du 29 avril, c'est-à-dire quelques jours seulement après leur dévalaison depuis le lac Chilko (Figure 16 C; Mahoney et al. 2013). Selon ces observations, le saumon rouge de la rivière Chilko semble sortir rapidement du réseau du fleuve Fraser (une distance de 700 km), aidé par le débit du fleuve.
- *Taille des saumoneaux à Mission :* La longueur des saumons rouges juvéniles a été mesurée à Mission en 2012. Les saumons rouges de la rivière Stellako étaient les plus longs en moyenne (91 mm), suivis de ceux des rivières Quesnel (84 mm), Gates (78 mm) et Chilko (76 mm) (Mahoney *et al.* 2013). Les plus petits saumons rouges juvéniles étaient ceux des stocks de la rivière Shuswap (72 mm). Il convient de noter que les saumoneaux de la rivière Chilko affichaient une taille similaire à ceux échantillonnés à la décharge du lac Chilko (moyenne : 77 mm). On ne s'attend pas à une croissance importante entre leur dévalaison depuis le lac Chilko et leur migration plus loin que Mission, étant donné la courte durée de la migration. Autrement, les saumoneaux du lac Shuswap échantillonnés en 2012 à la décharge du même lac étaient plus petits en moyenne (68 mm) que ceux échantillonnés à Mission (Mahoney et al. 2013); cependant, à l'heure actuelle, l'importance de la distribution des échantillons n'a pas encore été testée.

Juvéniles du détroit de Georgie

- *Migration vers l'océan :* La majorité des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser passent de quatre à six semaines à croître dans le détroit de Georgie avant de se

déplacer vers le nord par le détroit de Johnstone (Preikshot et al. 2012). Les saumons rouges de la rivière Harrison sont une exception : ils entrent dans le détroit de Georgie plus tard que les saumons rouges de lac (qui croissent en moyenne pendant deux hivers dans l'eau douce) et peuvent demeurer dans cette zone jusqu'à six mois.

- *Méthodes :* Des relevés au chalut ont été menés dans le détroit de Georgie depuis 1998 (une évaluation de début d'été a été sautée en 2003) afin d'évaluer l'abondance des salmonidés juvéniles. Ces relevés sont effectués au début de l'été (de la fin juin au début juillet) et en septembre. Les relevés suivent un itinéraire habituel de pêche pendant neuf à dix jours (Beamish et al. 2000; Sweeting et al. 2003) (figure 17). La période des relevés (juin-juillet) vise principalement le saumon coho, mais toutes les espèces de saumon sont collectées. En ce qui concerne le saumon rouge, environ 10 % des poissons de la migration totale sont encore dans le détroit de Georgie au moment du relevé en juin-juillet, et Thompson *et al.* (2012) ont démontré que la structure du stock pendant ce relevé est représentative de la structure du stock attendue pour l'ensemble des montaisons. Entre 2010 et 2012, d'autres relevés à la senne coulissante visant précisément les saumons rouges juvéniles ont été menés en mai et en juin. Ces relevés, financés par le Programme de recherche sur la réglementation de l'aquaculture (PRRA), ont été réalisés dans toute la région du détroit de Georgie et des îles Discovery (figure 17, Neville *et al.* 2013). Les renseignements recueillis dans le cadre des relevés au chalut et à la senne coulissante comprennent les captures par unité d'effort (CPUE), la longueur et le poids, le régime alimentaire, la composition du stock, les écailles et les otolithes, de même que des échantillons de tissus à des fins d'études sur la santé, la génomique et l'énergétique.
- *Juvéniles dans les relevés au chalut et à la senne coulissante dans le détroit de Georgie :* Lors des premiers relevés à la senne coulissante menés dans le détroit de Georgie en 2012 (du 19 mai au 1er juin), on a prélevé un total de 1 241 saumons rouges du Fraser (tableau 3; figure 19) (Neville *et al.* 2013). Le réseau de la rivière Shuswap (groupes chronologiques de la remonte d'été et du début de l'été) représentait la plus importante composante de tout l'échantillon (51 %; la quantité la plus élevée); le stock de montaison tardive de la rivière Shuswap en constituait 43 %, et le stock de montaison hâtive de cette rivière, 8 %. Les pourcentages de la rivière Shuswap étaient similaires à ceux observés dans les échappées et le relevé sur les saumoneaux à Mission. De même, le saumon de la rivière Chilko représentait un pourcentage élevé de l'échantillon total (13 %). Les proportions des stocks des rivières Quesnel et Stellako sont demeurées plus élevées que celles observées aux frayères en 2010, et similaires à celles observées dans les pièges à saumoneaux à Mission en 2012. Des saumons rouges du fleuve Fraser ont été capturés dans le détroit de Georgie, mais aucun ne l'a été dans la région des îles Discovery durant ce relevé (Neville *et al.* 2013).
- Lors du second relevé à la senne coulissante effectué dans le détroit de Georgie en 2012 (du 11 au 25 juin), un total de 1 226 saumons rouges du fleuve Fraser ont été capturés (tableau 3; figure 19) (Neville *et al.* 2013). Le pourcentage de poissons provenant du réseau de la rivière Shuswap (stocks de montaisons hâtive et tardive) a augmenté à 77 % et était plus élevé que lors du dernier relevé mené dans ce détroit, que dans les pièges à saumoneaux à Mission et lors des échappées de 2010. Cette hausse a été observée pour les stocks de montaison tardive (63 %) et hâtive (14 %) de la rivière Shuswap. Le pourcentage de saumons rouges de la rivière Chilko (12 %) est demeuré similaire à tous les relevés précédents, tandis que le pourcentage de saumons rouges des rivières Quesnel (6 %) et Stellako (1 %) a diminué proportionnellement; ces poissons ont surtout été capturés dans le nord de la région des îles Discovery.

- Dans le cadre du relevé au chalut mené en 2012 (du 20 juin et 2 juillet), un total de 677 saumons rouges du fleuve Fraser ont été capturés (tableau 3; figures 18 et 19). Les CPUE de 86 saumons rouges du fleuve Fraser par heure observées durant ce relevé ont été les plus élevées de la série chronologique (de 1998 à 2012) (figure 18A) (Neville et Sweeting, pages 125-130 dans Irvine and Crawford 2013). Une grande incertitude entoure le lien entre les CPUE du relevé au chalut sur le saumon rouge du fleuve Fraser mené dans le détroit de Georgie et les montaisons subséquentes de ce poisson, principalement parce que le relevé ne couvre qu'environ 10 % de la dévalaison des saumons rouges juvéniles du fleuve. Néanmoins, les relevés au chalut menés dans le détroit de Georgie ne montrent aucun signe de faible abondance des juvéniles dans ce réseau en 2012 (année d'éclosion 2010). Le pourcentage de poissons provenant du réseau de la rivière Shuswap (stocks de montaisons tardive et hâtive) a encore diminué par rapport aux relevés précédents (96 %); le stock de montaison tardive représentait 79 % et le stock de montaison hâtive, 17 %. Les autres pourcentages des stocks ont chuté à 0 %, sauf celui de la rivière Chilko, qui a diminué à 2 % et celui de la rivière Quesnel, qui a baissé à 1 % (tableau 3; figures 18 et 19).
- Le changement dans la composition du stock survenu au cours de la période des trois relevés menés dans le détroit de Georgie (deux à la senne coulissante et un au chalut) pourrait être lié à la variabilité du passage vers l'aval observée aux pièges à saumoneaux à Mission. L'augmentation du pourcentage de saumons rouges de la rivière Shuswap au fil du temps semble liée à leur période de pointe de dévalaison plus tardive et à leur abondance accrue à Mission par rapport aux autres stocks (Figure 16 C; Mahoney et al. 2013).
- La taille moyenne des saumons rouges pris en mai et en juin dans le cadre des relevés à la senne coulissante en 2012 (95,2 et 94,9 mm respectivement) ne différait pas vraiment de celle observée lors des relevés au chalut (96,8 mm); toutefois, elle était plus petite que celle des poissons pris aux mêmes périodes l'année précédente (2011 : 103,6 et 119,9 mm respectivement; Neville et al. 2013).). La taille moyenne des saumons rouges capturés lors du relevé au chalut (96,8 mm, ET 11,62 mm, n = 1 107) était la plus petite observée dans le cadre des relevés au chalut depuis 1998. Cependant, une petite taille n'est pas nécessairement liée à une mauvaise production. Par exemple, les poissons qui se sont rendus dans l'océan lors de la dernière année dominante des stocks de la rivière Shuswap (année d'éclosion 2006) étaient aussi plus petits que la moyenne, et les montaisons qui en ont découlé en 2010 ont été les plus importantes jamais enregistrées pour le saumon rouge du fleuve Fraser (environ 28 millions) (figure 1A).
- La disponibilité de la nourriture pour les juvéniles est un indicateur possible de la survie dans le détroit de Georgie. Beamish *et al.* (2012) indiquent qu'à l'entrée dans l'océan en 2007, les relevés au chalut ont capturé un pourcentage plus élevé de saumons cohos, quinnats et rouges juvéniles à l'estomac vide (40 % des saumons rouges avaient l'estomac vide), ce qui coïncidait avec de faibles taux de survie et des montaisons particulièrement faibles (c.-à-d. les faibles montaisons de 1,6 million de saumons rouges du fleuve Fraser en 2009) (figure 1A). En 2012 (année d'éclosion 2010), 25 % des saumons rouges capturés dans le cadre des relevés au chalut avaient l'estomac vide, une proportion qui avoisine la moyenne des sept dernières années et est semblable à la valeur observée pour les poissons qui sont allés en mer en 2008 (27 %) (en lien avec l'importante montaison de 2010).
- *Juvéniles prélevés dans le détroit de la Reine-Charlotte*
- Dans le cadre du Programme d'étude du saumon en haute mer du MPO, on a mené des relevés épipélagiques intégrés de l'écosystème depuis la côte ouest de l'île de Vancouver

jusqu'au nord de la Colombie-Britannique et le sud de l'Alaska en juin-juillet et en octobre-novembre 1998, de même qu'en février-mars 2001 (Trudel et al. 2013). Les sites d'échantillonnage ont changé au fil du temps, principalement en raison des conditions météorologiques et de la disponibilité des navires. Néanmoins, quelques transects standard ont été réalisés lors de chaque relevé, y compris un dans le détroit de la Reine-Charlotte et un dans le détroit d'Hécate. Depuis 2012, l'effort d'échantillonnage a été accru pour inclure le détroit de Johnstone et le détroit de la Reine-Charlotte afin d'augmenter la taille de l'échantillon de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser qui quittent le détroit de Georgie.

- Le chalut (environ 30 m de largeur par 15 m de profondeur) est tiré pendant environ 30 minutes à la surface de l'océan pour recueillir un échantillon de saumons juvéniles. Un sous-échantillon de saumons est prélevé à des fins d'identification des stocks. Jusqu'à ce jour, on a utilisé une analyse d'ADN pour déterminer l'origine de plus de 8 600 saumons rouges juvéniles pris dans le cadre du Programme d'étude du saumon en haute mer, et d'un autre groupe de 1 000 saumons rouges juvéniles pris par la National Ocean and Atmospheric Administration (NOAA) le long des côtes de l'Alaska et de l'État de Washington (Tucker et al. 2009; Trudel et al. 2011; Beacham et al. 2014 (in press)).
- Des relevés ont été menés en 2012 dans la région de la côte centrale, depuis le détroit de Johnstone (53°N) jusqu'au détroit d'Hécate et la côte ouest de l'archipel Haida Gwaii. D'après ces relevés, un total de 583 saumons rouges proviendrait des stocks du fleuve Fraser (tableau 3, figure 19). Comme pour toutes les autres composantes de l'échantillonnage (échappées, saumoneaux à Mission, juvéniles dans le détroit de Georgie), les stocks de la rivière Shuswap représentaient la plus importante proportion des échantillons (total : 73 %; stock de montaison tardive de la rivière Shuswap : 61 %; stock de la montaison hâtive : 11%), suivis des stocks des rivières Chilko (11 %), Quesnel (10 %) et Stellako (2 %). En ce qui concerne la rivière Shuswap, les pourcentages des stocks de la côte centrale se situent en quelque sorte entre les trois échantillons prélevés dans le détroit de Georgie, vraisemblablement à cause de la proportion croissante des poissons de la rivière Shuswap (et de la proportion déclinante du stock de montaison d'été) dans le détroit de Georgie au fil du temps. Pour tous les autres groupes de la côte centrale, les proportions sont similaires à celles observées lors de la première période d'échantillonnage dans le détroit de Georgie, alors que la plus importante composante de ce stock de montaison d'été était attendue dans le réseau, d'après la période de migration des saumoneaux observée à Mission (figure 16C).
- Les captures par unité d'effort (CPUE) de saumons rouges juvéniles sur la côte centrale de la Colombie-Britannique étaient les deuxièmes plus élevées en 2012 depuis 1998 (le record a été observé en 2004). Cependant, la période de ce relevé n'a pas été constante au fil du temps (plus tôt en 2004-2006 qu'en 2007-2012). Les CPUE élevées sur la côte centrale correspondent aux CPUE élevées observées dans le détroit de Georgie. La corrélation entre les CPUE sur la côte centrale de la Colombie-Britannique et les montaisons subséquentes du saumon rouge du fleuve Fraser n'a pas encore été examinée.

Autres indicateurs du détroit de Georgie et du détroit de la Reine-Charlotte en 2014 :

- *Saumon coho dans le détroit de Georgie :* Les saumons cohos qui entrent dans le détroit de Georgie y demeurent et y croissent jusqu'en septembre. Beamish *et al.* (2010) ont démontré que les CPUE du saumon coho dérivées du relevé au chalut de septembre servent d'indice des montaisons du saumon coho pour l'année suivante. En 2012, les

CPUE du saumon coho dérivées des relevés au chalut étaient les plus élevées depuis 14 ans (voir Irvine & Crawford 2013). Cela révèle de bonnes conditions de croissance pour cette espèce au début de son séjour dans le détroit de Georgie, et indique une survie élevée en milieu marin des saumons cohos du détroit de Georgie qui y sont entrés en 2012. Cela peut signifier des conditions océaniques favorables au saumon rouge du fleuve Fraser durant sa résidence dans le détroit de Georgie, mais les liens entre ces deux espèces demeurent incertains en ce qui concerne la survie.

- *Hareng dans le détroit de Georgie :* Il existe un lien entre la survie en milieu marin du stock de la rivière Chilko et les CPUE du hareng dans le détroit de Georgie (de 1992 à aujourd'hui) (Rensel et al. 2010). En ce qui a trait à la composante marine en 2012 (année d'éclosion 2010), les CPUE du hareng se situaient dans la moyenne (figure 20). Il existe une grande incertitude associée au lien entre les CPUE du hareng dans le détroit de Georgie et la survie en milieu marin du saumon rouge de la rivière Chilko. Malgré tout, les relevés sur le hareng ne présentent aucun signe d'une survie exceptionnellement faible en milieu marin des juvéniles de 2012 de la rivière Chilko (année d'éclosion 2010).
- *Oiseaux de mer dans le détroit de Johnstone et le détroit de la Reine-Charlotte :* Les oiseaux de mer peuvent servir d'indicateurs de l'état des écosystèmes marins, car ils se rassemblent en grands groupes bien visibles pour se reproduire et, en tant que groupe, ils se nourrissent à divers niveaux trophiques (du zooplancton aux poissons). Le succès de la reproduction des oiseaux de mer est étroitement lié à la disponibilité des principales espèces de proies; il peut donc varier grandement d'une année à l'autre, selon les conditions océanographiques. L'île Triangle (50° 52' N 129°5' O), dans les îles Scott, au large du nord de l'île de Vancouver, accueille la colonie d'oiseaux de mer la plus importante et la plus diversifiée de la côte de la Colombie-Britannique.
- L'écologie alimentaire du macareux rhinocéros (*Cerorhinca monocerata*) ressemble à celle des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser qui migrent par le détroit de la Reine-Charlotte. Cependant, le programme de surveillance du macareux rhinocéros s'est terminé en 2009, ce qui fait qu'il n'existe aucune donnée sur cette espèce pour l'année d'éclosion 2010 (période de migration des juvéniles de 2012).
- Il existe des données sur les oisillons (25 jours de vie) du starique de Cassin (*Ptychoramphus aleuticus*). Toutefois, cette espèce n'est pas aussi directement pertinente pour les saumons rouges juvéniles que ne l'est le macareux rhinocéros, car elle s'alimente dans différents écosystèmes du détroit de Georgie : le starique de Cassie s'alimente au large, au-delà du rebord continental, et le saumon rouge du fleuve Fraser s'alimente sur le plateau continental. En 2012, le succès de la nidification du starique de Cassie a été supérieur à la moyenne de 1996-2011. En général, les petits stariques de Cassie grandissent plus rapidement et sont plus gros au moment de prendre leur premier envol, car la période de leur éclosion est fortement corrélée, dans le temps, avec la phénologie d'une proie importante, le copépode *Neocalanus cristatus*. La masse supérieure à la moyenne des petits de 25 jours était prévue compte tenu des températures relativement froides à la surface de la mer au printemps 2012 (Irvine and Crawford 2013). En revanche, on ne sait pas de quelle manière ces données sont liées à la survie des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser.

Conditions océanographiques dans le détroit de Georgie

- Le saumon rouge du fleuve Fraser entre dans le détroit de Georgie et y reste entre quatre et six mois pour croître et s'alimenter (Preikshot et al. 2012). Dans cette région, le saumon rouge juvénile doit s'adapter au milieu marin. Durant la migration du saumon rouge juvénile par le détroit de Georgie en 2012 (année d'éclosion 2010), le débit du

fleuve Fraser (avril-juin) était supérieur à la moyenne, et la salinité et la température de la surface de la mer (mai-juin) étaient sous la moyenne, mais ces conditions n'étaient pas anormales. Le débit du fleuve Fraser était en général supérieur à la moyenne en avril (2012 : 2 520 mètres cubes par seconde [m^3/s]; moyenne : 1 950 m^3/s), en mai (2012 : 5 750 m^3/s; moyenne : 5 020 m^3/s), en juin (2012 : 9 380 m^3/s; moyenne : 7 070 m^3/s), et pendant le dépit de pointe (2012 : 8 680 m^3/s; moyenne : 8 678 m^3/s). Les températures de la surface de la mer au phare de l'île Entrance, situé dans le détroit de Georgie (où les saumoneaux rouges du fleuve Fraser entrent dans l'océan pour la première fois), étaient similaires aux moyennes de 1950 à 2011 en avril (2012 : 9,1 °C; moyenne : 9,3 °C), en mai (2012 : 12,3 °C; moyenne : 12,3 °C) et en juin (2012 : 13,7 °C; moyenne : 15,1 °C). Les températures de la surface de la mer au phare de l'île Pine, situé à l'extrémité nord de l'île de Vancouver, étaient similaires (légèrement inférieures) aux moyennes de 1950 à 2011 en avril (2012 : 7,8 °C; moyenne : 8,0 °C), en mai (2012 : 8,4 °C; moyenne : 8,8 °C), en juin (2012 : 9,1 °C; moyenne : 9,5 °C) et en juillet (2012 : 9,2 °C; moyenne : 10,1 °C) (figure 21).

- Même si ces facteurs indiquent des conditions océanographiques moyennes ou bonnes dans le détroit de Georgie pendant la migration des saumons rouges juvéniles, il est important de noter que ces seules conditions n'ont jamais permis de prévoir efficacement les événements de survie extrêmes (faible ou élevée) pour le saumon rouge du fleuve Fraser.
- Une série chronologique sur le zooplancton dans le détroit de Georgie est en cours d'élaboration et nécessite d'autres études avant que l'on puisse interpréter et étudier les liens avec la survie du saumon rouge du fleuve Fraser.

Conditions océanographiques dans le golfe de l'Alaska

- Après une migration relativement rapide vers le nord en passant par le détroit de Georgie, en sortant par le détroit de Johnstone et en longeant le plateau continental, le saumon rouge du fleuve Fraser se rend jusqu'au golfe de l'Alaska, où il demeure pendant la majorité de sa résidence dans l'océan. De 2011 à février 2013, les conditions océaniques dans ce réseau étaient relativement froides, ce qui indique généralement de bonnes conditions pour la survie des salmonidés (Figure 22; DFO 2013, Irvine and Crawford 2013). Cependant, jusqu'à maintenant, les conditions océanographiques n'ont pas été particulièrement efficaces pour prévoir la survie du saumon rouge du fleuve Fraser.
- Au cours des derniers mois, les conditions océanographiques se sont réchauffées dans le golfe de l'Alaska (figure 23), ce qui peut signifier de meilleures conditions en hiver avant la migration de retour, et donc de meilleures conditions pour les saumons rouges du fleuve Fraser de l'année d'éclosion 2010; on ignore toutefois quels en sont les effets sur leur survie (see McKinnell pg. 81 of DFO 2007).
- L'estimation de la biomasse du zooplancton pour 2012 dans le golfe de l'Alaska était la plus importante de la série chronologique, qui s'étend sur 13 ans (S. Batten, comm. pers.). Le milieu du cycle de la biomasse saisonnière se situe aussi plus tard en 2012. Ces caractéristiques des grosses diatomées et du zooplancton correspondent aux conditions froides observées dans le golfe de l'Alaska (DFO 2013; Irvine and Crawford 2013). Une fois de plus, le lien entre les données sur la biomasse du zooplancton dans le golfe de l'Alaska et la survie du saumon rouge du fleuve Fraser demeure incertain.

Unibermarins (âge 3_2)

- Les recrues unibermarines (âge 3_2) peuvent donner des indices sur la montaison des recrues d'âge 4 (âge 4_2) pour l'année suivante. Les unibermarins sont nés la même

année que les recrues d'âge 4; ils évoluent donc dans les mêmes conditions en début de croissance et de développement dans les milieux marins et d'eau douce, mais ils remontent un an plus tôt (p. ex., les unibermarins remontent en 2013, et les individus d'âge 4_2 remontent en 2014).

- La maturation tardive a affiché une hausse au cours des dernières années chez les stocks de saumon rouge du fleuve Fraser, les proportions d'unibermarins contribuant moins au recrutement total que par le passé (figures 24A à 24D). En conséquence, le lien entre les recrues d'âge 3 et 4 utilisées pour prévoir les espèces jumelles se limite à la récente série chronologique (années d'éclosion 1980-2003). Les années ne comptant aucun unibermarin d'âge 3 ont été retirées de la série chronologique de chaque stock.
- Le lien entre le recrutement des unibermarins et des poissons d'âge 4 est très incertain étant donné la variation interannuelle de l'âge à la maturité. De plus, dans les prévisions de 2014, les données sur le recrutement des unibermarins n'étaient pas encore disponibles, de sorte que les échappées des unibermarins ont été utilisées en tant que variables prédictives. Les prévisions du recrutement des unibermarins en échappée par rapport aux poissons d'âge 4 seront donc biaisées à la baisse (figures 25 et 26).
- ***Stocks de montaison hâtive de la rivière Shuswap et du ruisseau Scotch*** : le lien entre les unibermarins en fonction des années d'éclosion des cycles dominants ultérieurs à 1980 ($n = 6$; la taille de cet échantillon est extrêmement réduite) affichait un R^2 de 0,9 (figure 25B). Selon l'estimation préliminaire des échappées d'unibermarins de l'année d'éclosion 2010 (840 poissons), la prévision de la montaison des poissons d'âge 4 en 2014 varie entre 200 000 et 2 millions d'individus (aux niveaux de probabilité de 10 à 90 %) (MPO 2014).
- ***Stocks de montaison hâtive des rivières Shuswap et Seymour*** : le lien entre les unibermarins en fonction des années d'éclosion des cycles dominants ultérieurs à 1980 ($n = 5$; la taille de cet échantillon est extrêmement réduite) affichait un R^2 de 0,6 (figure 25D). Selon l'estimation préliminaire des échappées d'unibermarins de l'année d'éclosion 2010 (950 poissons), la prévision de la remonte des poissons d'âge 4 en 2014 varie entre 100 000 et 3 millions d'individus (aux niveaux de probabilité de 10 à 90 %) (MPO 2014).
- ***Stock de montaison tardive de la rivière Shuswap :*** L'abondance des unibermarins de l'année d'éclosion 2010 dominante qui sont remontés en 2013 (estimation préliminaire de 32 000) se situait près de la moyenne ultérieure à 1980 (moyenne : 39 000). Les unibermarins ont autrefois dominé les montaisons totales des cycles faibles précédant immédiatement le cycle dominant de ce stock. Cependant, les échappées d'adultes en 2013 représentaient 80 % des montaisons totales. Seulement pour ce stock, on a observé une augmentation récente de trois$_1$ montaisons d'adultes d'âge 3 dans ce réseau pour le cycle de 2013, mais il n'existe aucun lien entre ces montaisons et la remonte des poissons d'âge 4_2 l'année suivante. Le lien entre les unibermarins en fonction des années d'éclosion des cycles dominants ultérieurs à 1980 ($n = 7$; mais la taille de l'échantillon est extrêmement réduite) affichait un R^2 de 0,8 (figure 25F). Selon l'estimation préliminaire des échappées d'unibermarins de l'année d'éclosion 2010 (335 000 poissons), la prévision de la montaison des poissons d'âge 4 en 2014 varie entre 5,5 et 14,2 millions d'individus (aux niveaux de probabilité de 10 à 90 %) (MPO 2014).
- ***Stock de la rivière Chilko :*** le lien entre les unibermarins en fonction des années d'éclosion ultérieures à 1980 ($n = 24$) affichait un R^2 de 0,4 (figure 26). Selon l'estimation préliminaire des échappées d'unibermarins de l'année d'éclosion 2010 (36 000 poissons),

la prévision de la remonte des poissons d'âge 4 en 2014 varie entre 1 et 7 millions d'individus (aux niveaux de probabilité de 10 à 90 %) (MPO 2014).

- **Unibermarins dans les pêches expérimentales pratiquées dans le détroit de Juan de Fuca (zone 20) et le détroit de Johnstone (zone 12) :** Il existe une corrélation positive entre les CPUE totales des saumons rouges unibermarins du Fraser évalués dans le cadre de pêches à la senne coulissante (Blinkhorn : zone 12; détroit de Juan de Fuca : zone 20) et les CPUE ou les montaisons totales de saumons rouges adultes de l'année suivante (McKinnell et al. 2012). Cette corrélation n'est pas considérée comme fiable lorsque les CPUE des unibermarins sont inférieures à 0,1 par série, et la majorité de l'indice est liée aux cycles dominants du saumon rouge de la rivière Shuswap (cycle de 2014) (McKinnell et al. 2012). En 2013 (année d'éclosion 2010, cycle dominant du stock de montaison tardive de la rivière Shuswap), l'abondance des unibermarins était relativement élevée (figure 27) par rapport au reste de la série chronologique. Cela ne constitue pas un indice négatif en ce qui concerne les montaisons en 2014 du stock de montaison tardif de la rivière Shuswap. Toutefois, puisque cette série chronologique est relativement courte et ne couvre que trois cycles dominants de la rivière Adams, elle demeure grandement incertaine.

Conclusions

À l'appui des prévisions officielles sur le saumon rouge du fleuve Fraser pour 2014, d'autres données sur l'état du poisson, la survie et l'abondance relative des stocks de saumon rouge du fleuve Fraser ont été comparées pour l'année d'éclosion 2010, de la génération parentale en 2010 jusqu'aux montaisons d'unibermarins en 2013. Ces renseignements ont été résumés à la lumière des échappées exceptionnelles observées dans un grand nombre de stocks en 2010 et, de façon distincte, des faibles taux de survie observés dans le stock de la rivière Quesnel ces dernières années. Ce résumé des données actuelles constitue un point de départ pour réduire l'incertitude entourant les prévisions sur le saumon rouge du fleuve Fraser en permettant de mieux comprendre la variabilité interannuelle de la survie dans ces stocks.

Les stocks qui représentent le pourcentage le plus élevé des échappées totales en 2010 sont les stocks de la rivière Shuswap (65 %), le stock de montaison tardive représentant 53 % et le stock de montaison hâtive 12 %. Les autres stocks importants sont ceux des rivières Chilko (20 %), Harrison (7 %), Quesnel (2 %) et Stellako (2 %) (MPO 2014). Durant la période de migration des adultes des stocks de montaisons tardive et hâtive de la rivière Shuswap et des stocks des rivières Chilko et Quesnel en 2010 les températures de l'eau dans le cours principal du fleuve Fraser étaient supérieures à la moyenne et le débit, inférieur à la moyenne; toutefois, le stock de montaison tardive de la rivière Shuswap s'est trouvé dans une eau dont la température était plus proche de la moyenne et plus froide (< 16 °C) que celle qu'ont connue les stocks migrant plus tôt dans la saison. En général, les conditions étaient propices au frai dans les réseaux des rivières Shuswap, Chilko et Quesnel, à l'exception d'une averse de pluie et de neige survenue dans le bassin versant de la rivière Seymour, qui a peut-être eu des répercussions sur la survie des œufs par rapport aux alevins dans ce réseau. Dans la rivière Harrison, la température de l'eau était dans la moyenne, et le débit était supérieur à la moyenne durant la période de migration et de frai.

Les indicateurs biologiques relatifs aux reproducteurs du stock de montaison hâtive de la rivière Shuswap en 2010 indiquaient une glycémie élevée et une faible teneur en lipides, ce qui laisse entendre que certains individus étaient en très mauvais état et n'obtiendraient probablement pas un taux de succès de 100 % pour le dépôt et la viabilité des œufs. Cependant, la qualité des gamètes chez les reproducteurs du ruisseau Scotch évalués indique que ces poissons étaient fertiles. Les échantillons prélevés parmi les reproducteurs du stock de montaison tardive de la

rivière Shuswap étaient tous des poissons sains et fertiles, mais ils ont été observés en train de frayer par vagues et de déposer leurs œufs par-dessus ceux de leurs congénères. Les reproducteurs de la rivière Chilko affichaient une glycémie et une teneur en lipides élevées, ce qui indique qu'une partie du stock de la montaison n'était pas en santé. La viabilité des gamètes des reproducteurs de la rivière Chilko a aussi été jugée faible. Ces données sur les frayères indiqueraient une faible survie des œufs par rapport aux alevins pour les stocks de montaison hâtive de la rivière Shuswap et le stock de la rivière Chilko, d'après la santé des poissons. De même, la survie des œufs par rapport aux alevins des stocks de montaison tardive de la rivière Shuswap serait faible, d'après la compétition entre les reproducteurs.

Des données sur les juvéniles (alevins et saumoneaux) de l'année d'éclosion 2010 sont disponibles pour certains stocks principaux (rivières Shuswap, Chilko et Quesnel). Elles fournissent de l'information sur la survie précoce en eau douce (survie des reproducteurs par rapport aux alevins/saumoneaux). Pour tous ces stocks, les données sur les juvéniles indiquent une compensation dépendante de la densité lorsque l'abondance des reproducteurs est élevée et que l'état des juvéniles est mauvais. Plus précisément, les stocks des rivières Shuswap et Chilko, qui ont tous les deux affiché des échappées records pour l'année d'éclosion 2010, un faible taux de survie en eau douce ainsi qu'une petite taille des alevins et des saumoneaux, appuient les modèles qui prévoient une surcompensation lorsque l'abondance des reproducteurs est élevée (c.-à-d. le modèle de Ricker utilisé pour prévoir les montaisons de ces stocks en 2014). Pour le stock de la rivière Quesnel, puisque les échappées de l'année d'éclosion 2010, la survie en eau douce et la taille des alevins étaient dans la moyenne, ces données appuient aussi les modèles qui supposent une productivité dans la moyenne.

Le programme d'échantillonnage pendant l'avalaison à Mission a permis de déterminer deux principales périodes de migration des saumoneaux en 2012. Le premier groupe de stocks à migrer plus loin que Mission comprenait les stocks des rivières Chilko, Quesnel, Stellako et Gates, 50 % de la migration ayant eu lieu entre le 20 et le 28 avril. Le second groupe (qui chevauche le premier) comprend les stocks de montaison tardive et hâtive de la rivière Shuswap et le stock de la rivière Seton, 50 % de la migration ayant lieu entre le 14 et le 18 mai. La composition relative du stock à Mission en 2012 (contribution proportionnelle de chaque stock par rapport à l'échantillon total) était en général similaire à celle de l'échappée totale de 2010. Les principales différences dans les contributions proportionnelles des stocks sont une hausse du stock des rivières Quesnel (de 2 à 14 %) et Stellako (de 2 à 6 %), et une diminution du stock total des rivières Shuswap (de 70 à 53 %) et Chilko (de 22 à 6 %) à Mission. La taille des saumoneaux variait selon les stocks. Les plus gros saumoneaux en moyenne provenaient, dans l'ordre, des stocks des rivières Stellako, Quesnel, Gates et Chilko, tandis que les saumoneaux de la rivière Shuswap (stocks de montaisons hâtive et tardive) étaient les plus petits.

Lors du relevé à la senne coulissante mené dans le détroit de Georgie (du 19 mai au 1er juin), la composition relative du stock était similaire à celle observée à Mission, avec une hausse du pourcentage de saumons rouges de la rivière Stellako (de 6 à 14 %). Les relevés à la senne coulissante (du 11 au 25 juin) et au chalut (du 20 juin au 2 juillet) menés par la suite ont reflété la période pendant laquelle les saumons étaient présents à Mission, avec une augmentation de la contribution relative des saumons rouges de la rivière Shuswap dans ces deux relevés en raison de leur migration tardive dans la zone. D'autres stocks importants (Chilko, Quesnel et Stellako) ont disparu des prises des relevés, car ils ont migré plus au nord que la zone étudiée. Les saumoneaux échantillonnés dans le cadre des relevés au chalut (du 20 juin au 2 juillet) étaient les plus petits jamais enregistrés (depuis 1998) pour ces relevés, mais cela semble refléter la forte proportion de petits saumons rouges de la rivière Shuswap prélevés durant cette période, et non une piètre production. Les conditions océanographiques à l'entrée dans l'océan en 2012 étaient moyennes ou supérieures à la moyenne, d'après les données sur le débit, les

températures de la surface de la mer et la salinité, ainsi que les CPUE élevées de saumons cohos juvéniles dans le cadre du relevé de septembre. De plus, la prévalence des estomacs vides chez les saumoneaux rouges échantillonnés (25 %) était dans la moyenne selon les données sur sept ans, ce qui ne fait apparaître aucune anomalie dans les premiers stades biologiques d'alimentation en milieu marin.

Les relevés sur les juvéniles menés sur la côte centrale en 2012 indiquent des proportions similaires des principaux groupes de stocks par rapport à celles observées lors des relevés sur les saumoneaux à Mission et dans le détroit de Georgie. La composition relative du stock était surtout similaire à celle de la seconde série de relevés menés dans le détroit de Georgie, en raison de la période d'exécution des relevés dans le détroit de la Reine-Charlotte. Les stocks de la rivière Shuswap représentaient le groupe le plus grand avec 73 % (61 % pour le groupe de montaison tardive et 11 % pour le groupe de montaison hâtive), suivis des stocks des rivières Chilko (11 %), Quesnel (10 %) et Stellako (2 %). Cela semble correspondre à la composition relative du stock aux frayères en 2010 selon les relevés menés dans le détroit de la Reine-Charlotte, à l'exception du stock de la rivière Quesnel (le pourcentage de saumons rouges de cette rivière était plus élevé dans tous les relevés sur les saumoneaux par rapport à l'échappée de l'année d'éclosion 2010).

Tous les pourcentages des stocks des différentes périodes d'échantillonnage (de 2010 à 2012) étaient similaires à la ventilation des stocks dans le cadre des prévisions officielles pour 2014 (MPO 2014). Les stocks de la rivière Shuswap constituent la plus grande composante des montaisons prévues en 2014 (67 %), le stock de montaison tardive comptant pour 51 % et le stock de montaison hâtive pour 16 % des prévisions. Parmi les autres stocks qui constituent un fort pourcentage des prévisions totales, il y a les stocks des rivières Chilko (11 %), Quesnel (7 %) et Stellako (3 %) (MPO 2014). Même si les proportions précises varient, la contribution relative de chaque stock dans les prévisions totales reflète les données sur les échappées de l'année d'éclosion et tirées des relevés en aval de Mission, des relevés à la senne coulissante et au chalut dans le détroit de Georgie ainsi que des relevés dans le détroit de la Reine-Charlotte.

Dans l'ensemble, les indicateurs environnementaux (débit du fleuve Fraser, températures de la surface de la mer et salinité) durant la dévalaison des juvéniles depuis le fleuve Fraser en 2012 étaient généralement considérés comme favorables à la survie des salmonidés. Cependant, l'établissement de liens entre ces données et la survie du saumon rouge du fleuve Fraser est grandement incertain. D'autres indicateurs de la survie du saumon rouge du fleuve Fraser, comme les CPUE des juvéniles dans le fleuve Fraser, le détroit de Georgie et le détroit de la Reine-Charlotte, l'abondance des harengs et du saumon coho dans le détroit de Georgie, et les montaisons d'unibermarins en 2013, ne fournissent aucune preuve d'événements de survie extrêmes (élevée ou faible) dans ce réseau en 2012. Cependant, ces liens sont encore une fois fortement incertains.

Même si rien n'indique des conditions de survie exceptionnelles faibles ou bonnes en vue de la montaison du saumon rouge du fleuve Fraser en 2014, il y a d'importantes lacunes dans la compréhension des facteurs de la variation interannuelle de la survie du saumon rouge du fleuve Fraser. En outre, l'information est limitée en ce qui concerne la survie du saumon rouge du fleuve Fraser dans le golfe de l'Alaska, où ces poissons passent la majeure partie de leur séjour en milieu marin. Les montaisons d'unibermarins en 2013 ont donné certains indices des conditions de survie des poissons d'âge 4 qui font leur montaison en 2014, y compris pour la première année de leur séjour en milieu marin dans le golfe de l'Alaska. Toutefois, la variabilité de l'âge à la maturité, les faibles nombres de montaisons d'unibermarins pour la majorité des stocks et l'année supplémentaire qu'ont passée la majorité des saumons rouges du fleuve Fraser (c.-à-d. les poissons d'âge 4) dans le golfe de l'Alaska engendrent d'importantes incertitudes entourant la relation entre les unibermarins et les montaisons subséquentes des poissons d'âge 4. Afin de

mieux comprendre le saumon rouge du fleuve Fraser, il faudra effectuer d'autres études sur la santé, l'état et la croissance des poissons, ainsi que sur les effets cumulatifs des facteurs qui ont une incidence sur la dynamique de la population de saumon rouge du fleuve Fraser.

Tableau 1. Pour chaque stock de saumon rouge du fleuve Fraser, les dates de montaison des adultes et de dévalaison des saumoneaux sont indiquées, ainsi que les stations de mesure de la température de l'eau et les stations de mesure du débit

Stock	Période de migration des adultes	Période de dévalaison des saumoneaux	Stations de mesure de la température de l'eau	Stations de mesure du débit
Hâtive Shuswap/ Scotch	Août (rivière), sept. (frai)	De mai à mi-juin 2012	Ruisseau Scotch (FFIP, MPO)	S.O
			Rivière Thompson Sud à Chase (PSE, MPO)	Rivière Thompson Sud à Chase (RHC, EC – 08LE031)
			Rivière Thompson à Ashcroft (PSE, MPO)	Rivière Thompson à Spences Bridge (RHC, EC – 08LF051)
			Fraser River @ Qualark (DFO EWP)	Fleuve Fraser à Hope (RHC, EC – 08MF005)
Hâtive Shuswap/ Seymour	Août (rivière), sept. (frai)	De mai à mi-juin 2012	S.O.	Rivière Seymour près du bras Seymour (RHC, EC – 08LE027)
			Rivière Thompson Sud à Chase (PSE, MPO)	Rivière Thompson Sud à Chase (RHC, EC – 08LE031)
			Rivière Thompson à Ashcroft (PSE, MPO)	Rivière Thompson à Spences Bridge (RHC, EC – 08LF051)
			Fleuve Fraser à Qualark (PSE, MPO)	Fleuve Fraser à Hope (RHC, EC – 08MF005)
Tardive Shuswap/ Adams	Sept. (rivière), oct. (frai)	De mai à mi-juin 2012	Rivière Adams aux frayères (PSE et PES, MPO)	Rivière Adams près de Squilax (RHC, EC – 08LD001)
			Rivière Thompson Sud à Chase (PSE, MPO)	Rivière Thompson Sud à Chase (RHC, EC – 08LE031)
			Rivière Thompson à Ashcroft (PSE, MPO)	Rivière Thompson à Spences Bridge (RHC, EC – 08LF051)
			Fleuve Fraser à Qualark (PSE, MPO)	Fleuve Fraser à Hope (RHC, EC – 08MF005)
Chilko	Août (rivière), sept. (frai)	De mi-avril à mi-mai 2012	Rivière Chilko aux frayères (PSE, MPO)	Rivière Chilko près de Redstone (RHC, EC – 08MA001)
			Rivière Chilcotin en aval du ruisseau Big (PSE, MPO)	Rivière Chilcotin en aval du ruisseau Big (RHC, EC – 08MB005)
			Fleuve Fraser en amont du ruisseau Texas (PSE, MPO)	Fleuve Fraser en amont du ruisseau Texas (RHC, EC – 08MF040)
			Fleuve Fraser à Qualark (PSE, MPO)	Fleuve Fraser à Hope (RHC, EC – 08MF005)
Quesnel	Août (rivière), sept. (frai)	De mi-avril à mi-mai 2012	Rivière Quesnel à Quesnel (PSE, MPO)	Rivière Quesnel près de Quesnel (RHC, EC – 08KH006)
			Fleuve Fraser en amont du ruisseau Texas (PSE, MPO)	Fleuve Fraser en amont du ruisseau Texas (RHC, EC – 08MF040)
			Fleuve Fraser à Qualark (PSE, MPO)	Fleuve Fraser à Hope (RHC, EC – 08MF005)
Harrison	Août, sept. (rivière), nov. (frai	Juin, juil., août 2011	Rivière Harrison (PES, MPO)	Rivière Harrison en aval du ruisseau Morris (RHC, EC – 08MG022)
			Fleuve Fraser à Qualark (PSE, MPO)	Fleuve Fraser à Hope (RHC, EC – 08MF005)

FFIP, MPO fait référence au Programme sur l'interaction poisson/forêt de Pêches et Océans Canada
PSE, MPO fait référence au Programme de surveillance environnementale de Pêches et Océans Canada
PES, MPO fait référence au Programme d'évaluation des stocks de Pêches et Océans Canada
RHC, EC fait référence au Programme de relevés hydrographiques du Canada d'Environnement Canada

Tableau 2. Pour chaque cours d'eau et stock principal, le tableau présente les températures de l'eau et les débits associés à la montaison des adultes de l'année d'éclosion 2010 et à la dévalaison des saumoneaux (en 2012). Les températures de l'eau et les débits sont présentés dans le tableau 1. Les températures et les débits pour les deux périodes de migration (montaison des adultes vers les frayères en 2010 et dévalaison des saumoneaux en 2012) sont comparés à la série chronologique, puis classés comme étant dans la moyenne, au-dessus de la moyenne (flèche pointant vers le haut) ou sous la moyenne (flèche pointant vers le bas).

Plan d'eau	Principaux stocks	Montaison des adultes		Dévalaison des saumoneaux	
		Temp. de l'eau	Débit	Temp. de l'eau.	Débit
Ruisseau Scotch	Scotch	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée	Aucune donnée
Rivière Thompson Sud	Adams Scotch Seymour	moyenne	↓	↓	↑
Rivière Thompson	Adams Scotch Seymour	moyenne	↓	moyenne	↑
Rivière Adams	Adams	moyenne	moyen	Aucune donnée	moyen
Rivière Chilko	Chilko	Aucune donnée	↑ (août); ↓ (sept.)	↓	Aucune donnée
Rivière Chilcotin	Chilko	↑	≈ puis fort ↑ (oct.) ≈	≈	Aucune donnée
Mi-Fraser	Adams Seymour Chilko Quesnel	moyenne	↓	moyenne	Aucune donnée
Bas Fraser	Adams Seymour Chilko Quesnel Harrison	↑	↓	moyenne	moyen
Quesnel	Quesnel	↑ (août); ↓ (sept.) ↓	↓	≈	Aucune donnée
Rivière Harrison	Harrsion	↓ ou moyenne	Aucune donnée	↓	Aucune donnée

Tableau 3. Proportion de chaque stock estimée aux frayères en 2010, par rapport à l'échappée totale (à l'exception du stock de la rivière Harrison) (FR : femelle reproductrice), proportion de saumoneaux pour chaque stock au site du relevé hydroacoustique à Mission en 2012 par rapport à l'échantillon total, proportion de chaque stock détectée dans le cadre du relevé au chalut (DG : chalut) et à la senne coulissante (DG : senne) dans le détroit de Georgie à différentes périodes (indiquées) et dans le détroit de la Reine-Charlotte (DRC) en 2012, par rapport à l'échantillon total. Le stock de la rivière Harrison a été supprimé des calculs car, en raison de sa structure selon l'âge et de son profil de migration uniques, il ne peut être échantillonné de manière proportionnelle dans les relevés menés à Mission, dans le détroit de Georgie et dans le détroit de la Reine-Charlotte. Seuls les stocks qui comptent pour des pourcentages relativement élevés du total sont inclus.

Stock	Nom de l'unité de conservation	FR total : 5,4 M	Mission n=2 307	DG : senne (19 mai-1er juin) n=1 241	DG : senne (11-25 juin) n=1 226	DG : chalut 20 juin-2 juil.) n=677	DRC (juin-juil.) n=583	Montaisons prévues total: 23 M
Tous Shuswap	**Shuswap-T/ Shuswap-DE**	**70%**	**53%**	**51%**	**77%**	**96%**	**73%**	**67%**
Tardive Shuswap	Shuswap-T	**57%**	**44%**	**43%**	**63%**	**79%**	**61%**	**51%**
Hâtive Shuswap (tous)	Shuswap-DE (total)	**13%**	**9%**	**8%**	**14%**	**17%**	**11%**	**16%**
Scotch	-	5%	7%	3%	6%	7%	8%	7%
Seymour	-	5%	2%	5%	9%	10%	3%	5%
Eagle etc.	-	2%	–	–	–	–	–	4%
Chilko	Chilko-S/Chilko-DE	22%	16%	13%	12%	2%	11%	11%
Quesnel	Quesnel-E	2%	14%	12%	6%	1%	10%	7%
Stellako	Francois-Fraser-E	2%	6%	14%	1%	0%	2%	3%

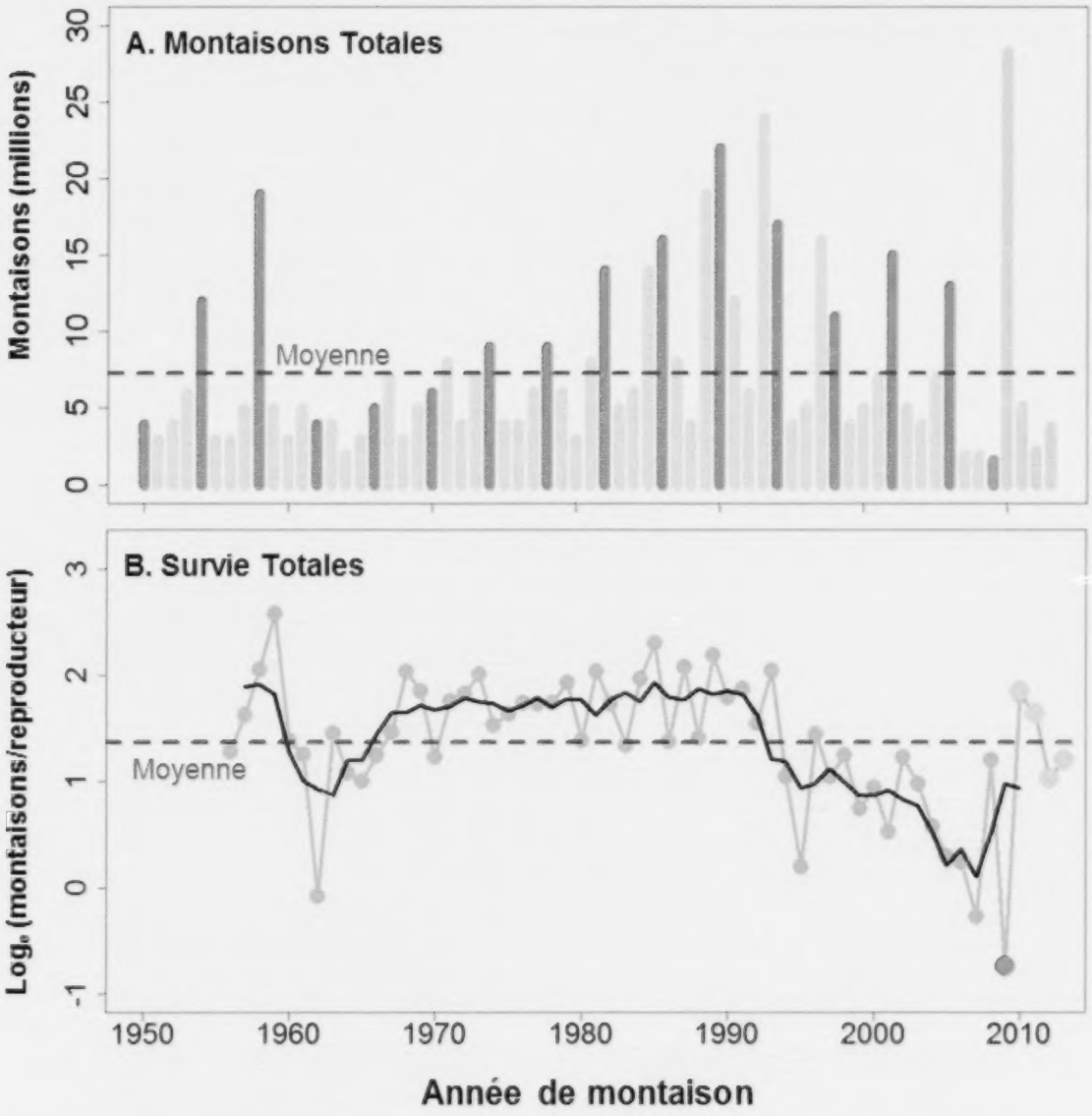

Figure 1. A. Total annuel des montaisons du saumon rouge du fleuve Fraser (barres verticales bleu foncé pour le cycle 2014 et barres verticales bleu pâle pour les trois autres cycles). Toutes les montaisons des années 2009 à 2013 sont préliminaires. B. Productivité totale du saumon rouge du fleuve Fraser (log_e [montaisons/nombre total de reproducteurs]) jusqu'à l'année de montaison 2013. Les lignes et les cercles gris pâle représentent la survie annuelle et la ligne noire indique la moyenne de quatre ans correspondante, lissée et mobile. Sur les deux figures, la ligne pointillée bleue représente la moyenne de la série chronologique. La barre verticale rouge de la figure A (ou le cercle rouge plein de la figure B) représente les montaisons de 2009 (faible taux de survie) et les barres verticales jaunes de la figure A (ou les cercles jaunes de la figure B) montrent les montaisons des années 2010 à 2013 (total du taux de survie moyen pour le saumon rouge du fleuve Fraser).

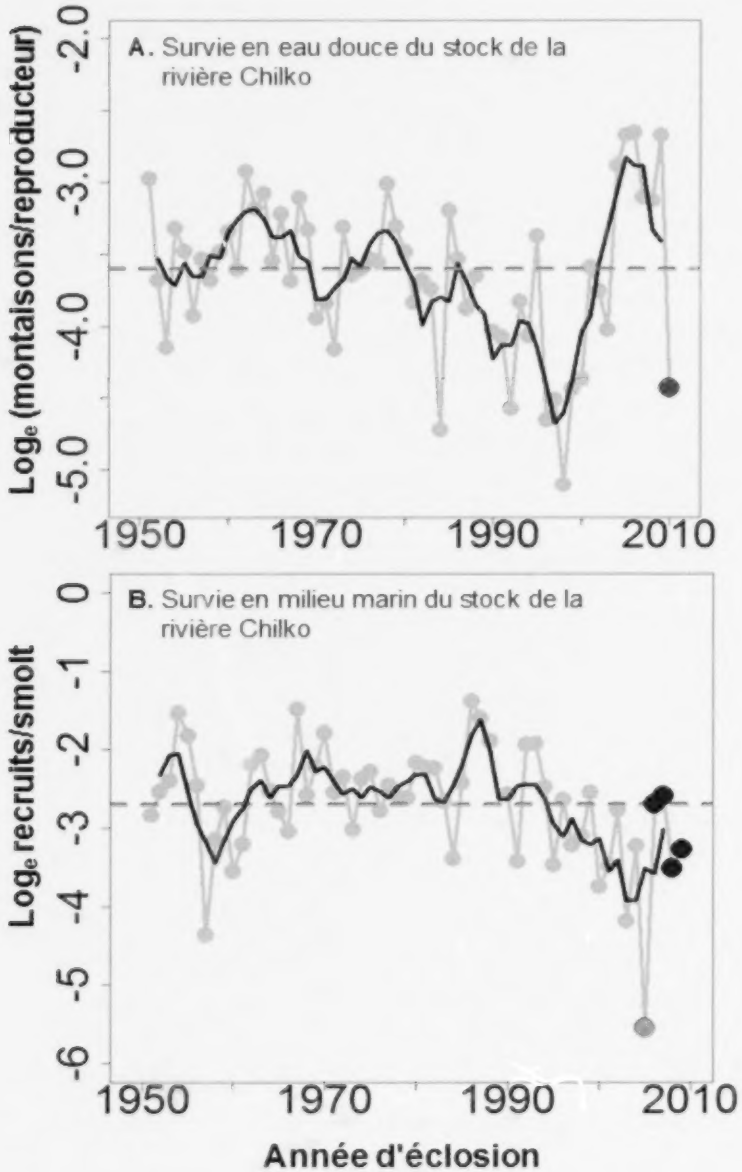

Figure 2. Saumon rouge de la rivière Chilko : A. Taux de survie annuel en eau douce (log_e saumoneaux/œuf, lignes et cercles gris), avec le taux de survie pour l'année d'éclosion 2010 indiqué par le cercle bleu; B. taux de survie annuel en milieu marin (log_e recrues/saumoneau, cercles et lignes gris), avec le plus faible taux de survie pour l'année d'éclosion 2005 indiqué par le cercle rouge. Sur les deux figures, les lignes noires représentent la moyenne de survie lissée et mobile de quatre ans et les lignes pointillées rouges indiquent la survie moyenne. Les cercles noirs représentent les estimations de survie préliminaires pour les années d'éclosion 2006 à 2009.

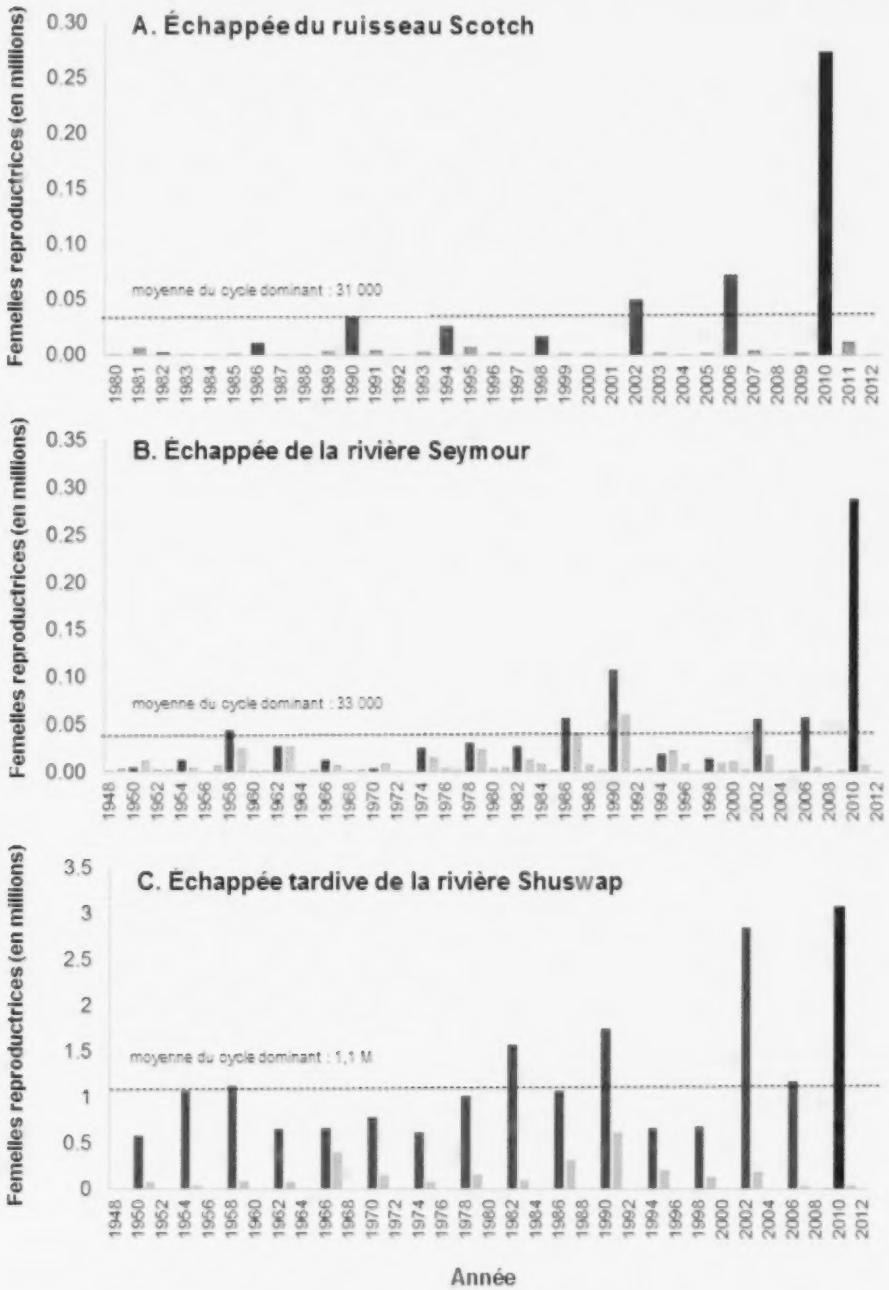

Figure 3. Échappée des stocks A. du ruisseau Scotch, B. de la rivière Seymour, et C. du groupe de montaison tardive de la rivière Shuswap (femelles reproductrices) (barres grises), le cycle dominant de 2010 étant indiqué par les barres noires. La ligne horizontale pointillée représente l'échappée moyenne du cycle dominant (2014) de chaque stock.

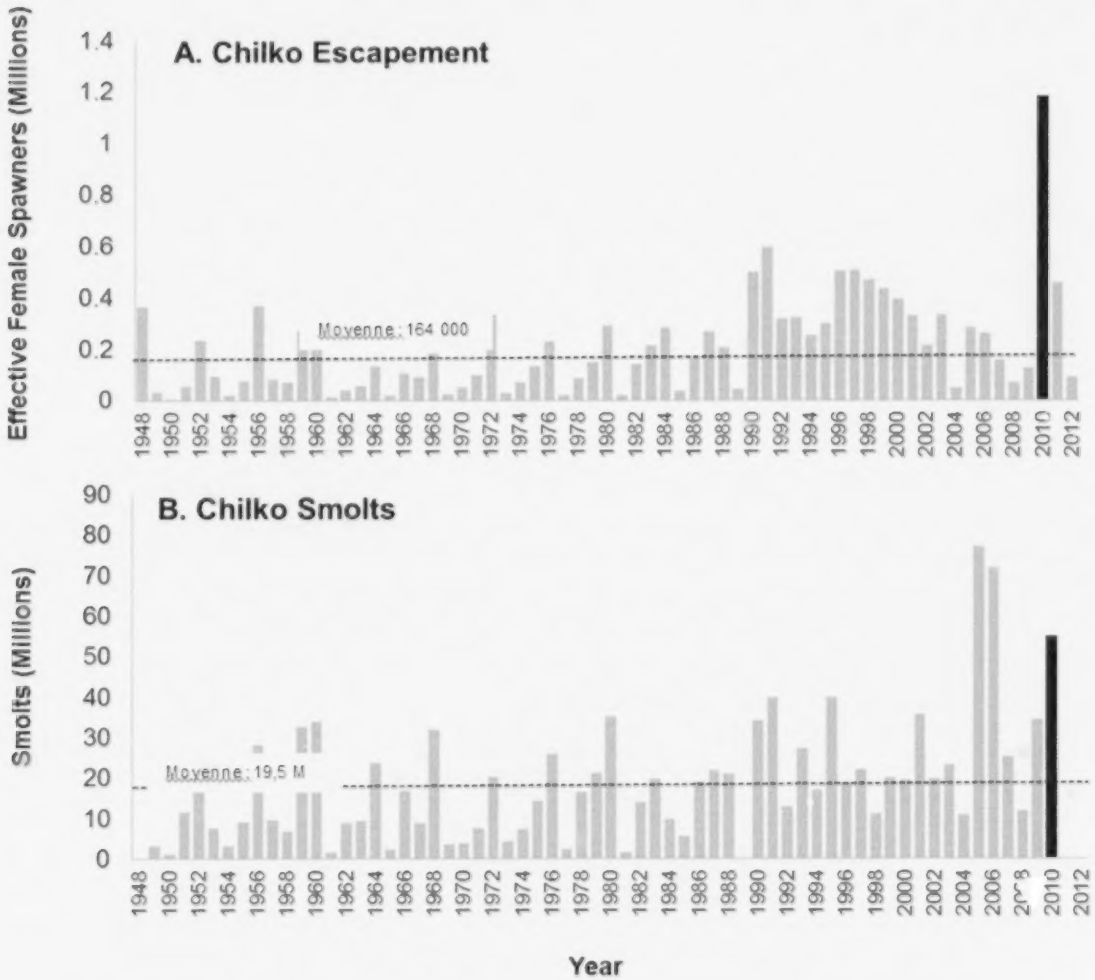

Figure 4. A. Échappée du stock de la rivière Chilko (femelles reproductrices) et B. abondance des saumoneaux de la rivière Chilko (barres grises); la barre noire représente l'année d'échappée pour l'année d'éclosion 2010 et les années des saumoneaux. Remarque : Le stock de la rivière Chilko n'est pas considéré comme cyclique. La ligne horizontale pointillée correspond à l'échappée moyenne ou à l'abondance des saumoneaux de la rivière Chilko.

Figure 5. Échappées des stocks de A. la rivière Harrison et B. la rivière Quesnel (femelles reproductrices); le cycle dominant 2010 du stock de la rivière Quesnel est indiqué par les barres gris foncé (le stock de la rivière Harrison n'affiche aucun cycle dominant). L'échappée de l'année d'éclosion 2010 du stock de la rivière Quesnel, et les échappées des années d'éclosion 2010 et 2011 pour les montaisons des stocks d'âge 3 et d'âge 4 de la rivière Harrison en 2014 respectivement sont indiquées par les barres noires. Les lignes horizontales pointillées représentent l'échappée moyenne du stock de la rivière Harrison et l'échappée moyenne du cycle sous-dominant (2014) du stock de la rivière Quesnel.

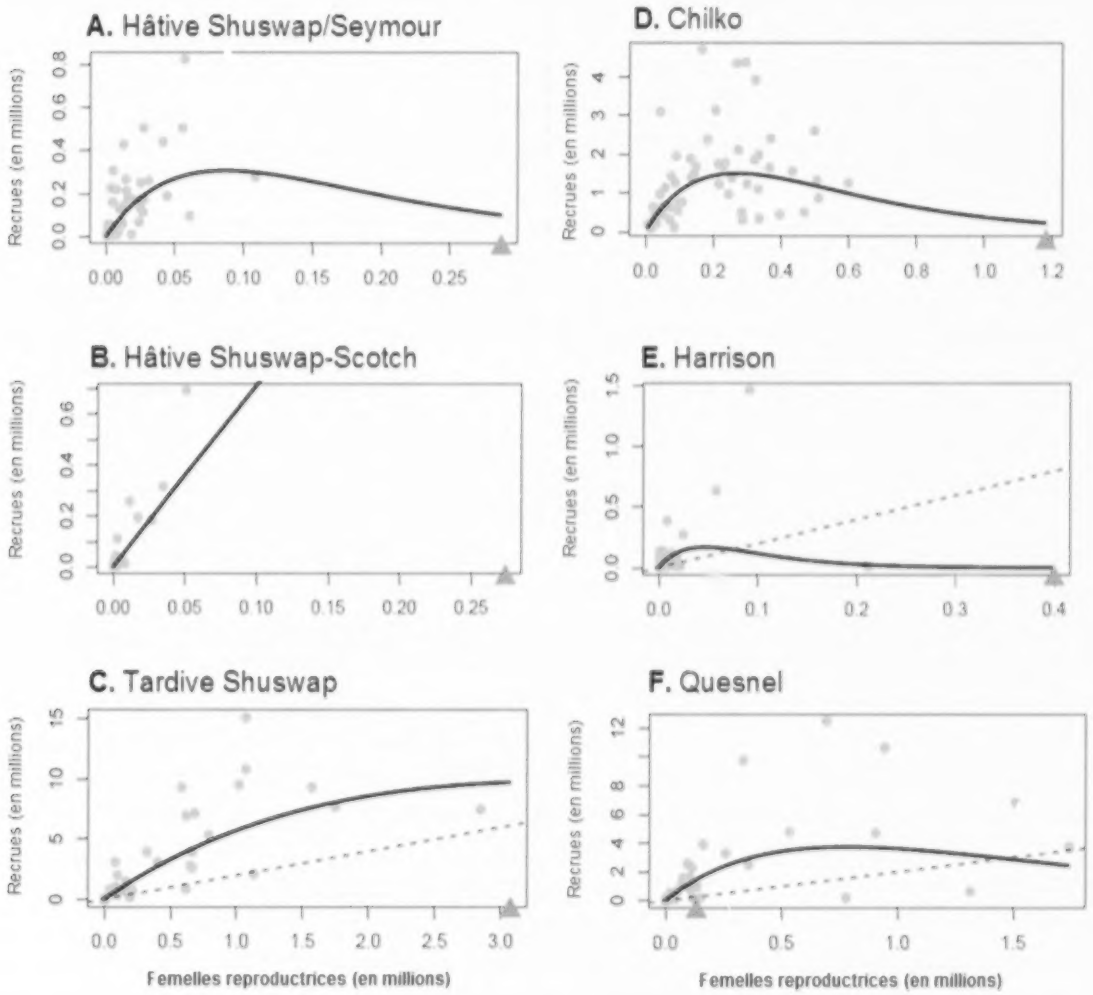

Figure 6. Données de stock-recrutement (points gris), ajustement du modèle déterministe de Ricker (ligne noire) aux valeurs des paramètres alphas et bêtas dérivées du $\log_e$ de la relation recrues/femelles reproductrices par rapport aux femelles reproductrices, et échappées de l'année d'éclosion 2010 (triangle rouge) pour A. le stock de montaison hâtive de la rivière Shuswap et du ruisseau Scotch; B. le stock de montaison hâtive de la rivière Seymour; C. le stock de montaison tardive de la rivière Shuswap; D. le stock de la rivière Chilko; E. le stock de la rivière Harrison; F. le stock de la rivière Quesnel.

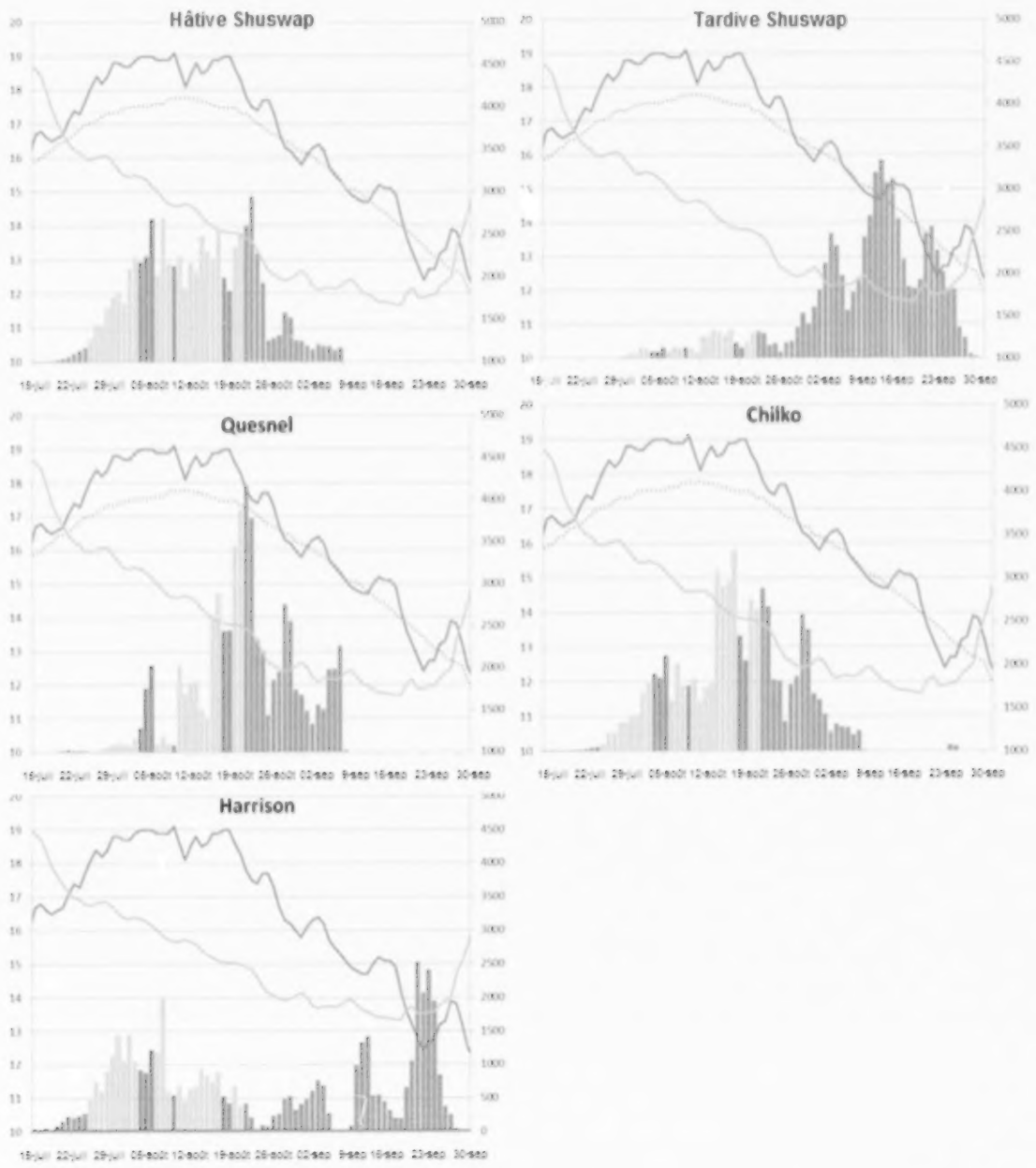

Figure 7. Température de l'eau (mesurée à Qualark, en C.-B., dans le cadre du Programme de surveillance environnementale du MPO) et débit (mesuré à Hope, en C.-B., dans le cadre du Programme des relevés hydrographiques du Canada d'Environnement Canada) du bas Fraser rencontrés par les stocks de saumons rouges en montaison en 2010. La ligne rouge continue correspond à la température de l'eau quotidienne moyenne en 2010, la ligne rouge pointillée à la température de l'eau moyenne historique (1941-2009), et la ligne verte continue au débit quotidien moyen en 2010 (m^3/s). Les barres verticales bleues indiquent l'abondance quotidienne relative de chaque stock à Mission, les barres verticales roses représentent la température de l'eau quotidienne moyenne (18-18,9 °C), et les barres rouges correspondent aux jours où la température moyenne de l'eau a dépassé 19 °C.

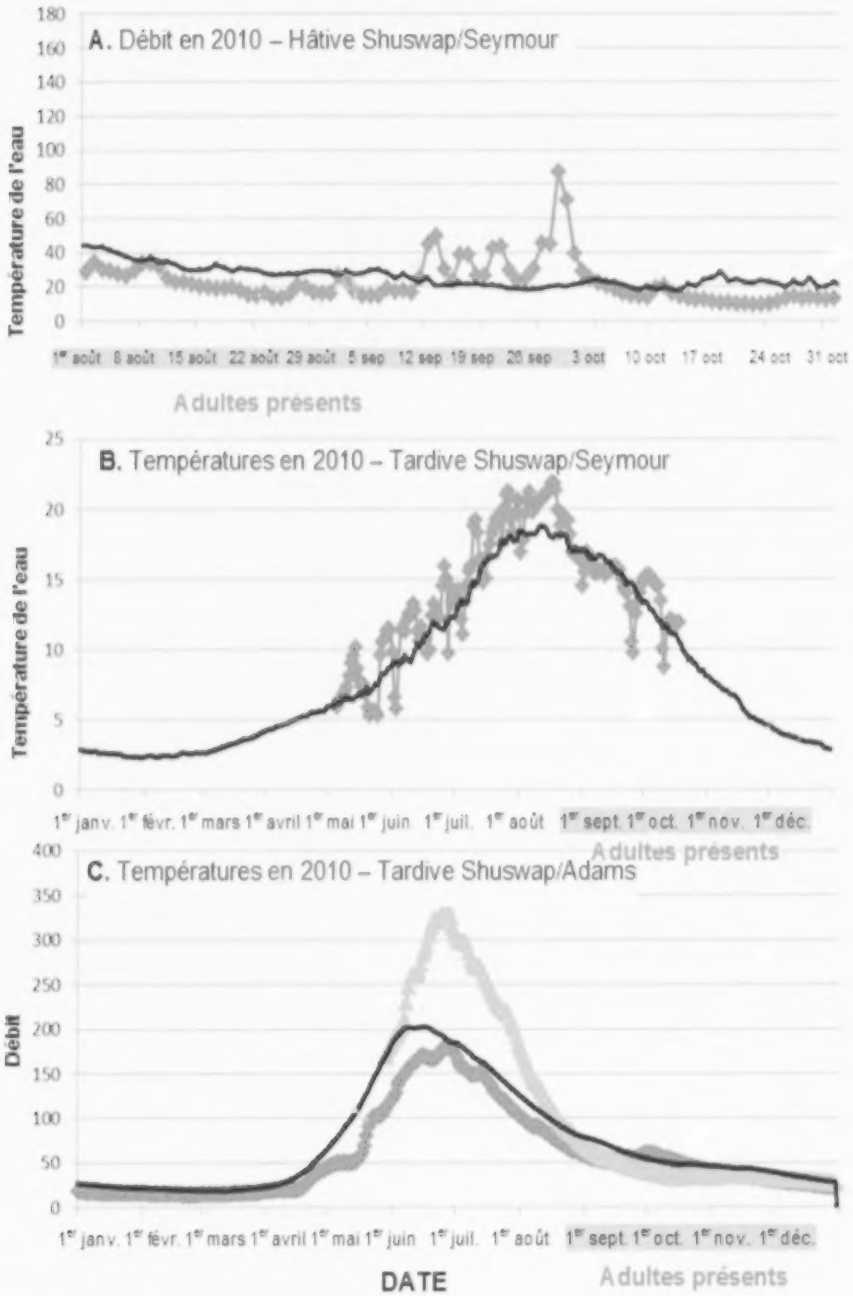

Figure 8. Données sur le débit et la température de l'eau en 2010 (lignes bleues). Les moyennes des séries chronologiques (lignes noires) sont présentées lorsqu'elles sont connues : A. données sur le débit du réseau hydrographique dans la rivière Seymour pour le stock de montaison hâtive de la rivière Shuswap; B. température de l'eau pour le stock de montaison tardive de la rivière Shuswap; C. données sur le débit pour le stock de montaison tardive de la rivière Shuswap (la ligne verte correspond aux données de 2012).

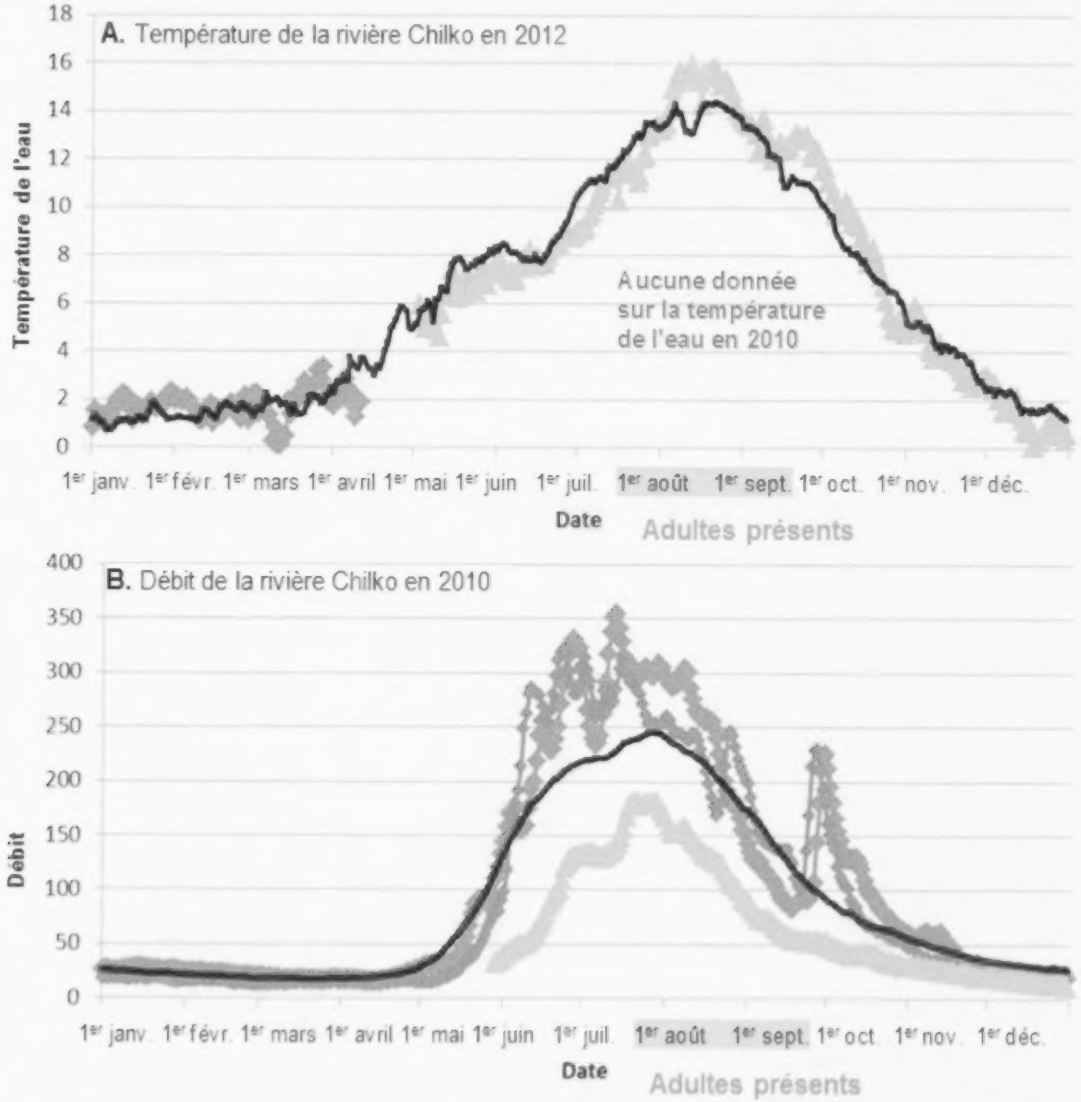

Figure 9. Données sur le débit et la température de l'eau en 2010 (lignes bleues) et moyennes des séries chronologiques (lignes noires) pour la rivière Chilko : A. les données sur la température de l'eau ne sont pas disponibles pour 2010 pendant la migration et le frai et des adultes (les données moyennes et de 2012 sont présentées); B. débit (la ligne rouge correspond aux données de 2011 et la ligne verte représente les données de 2012).

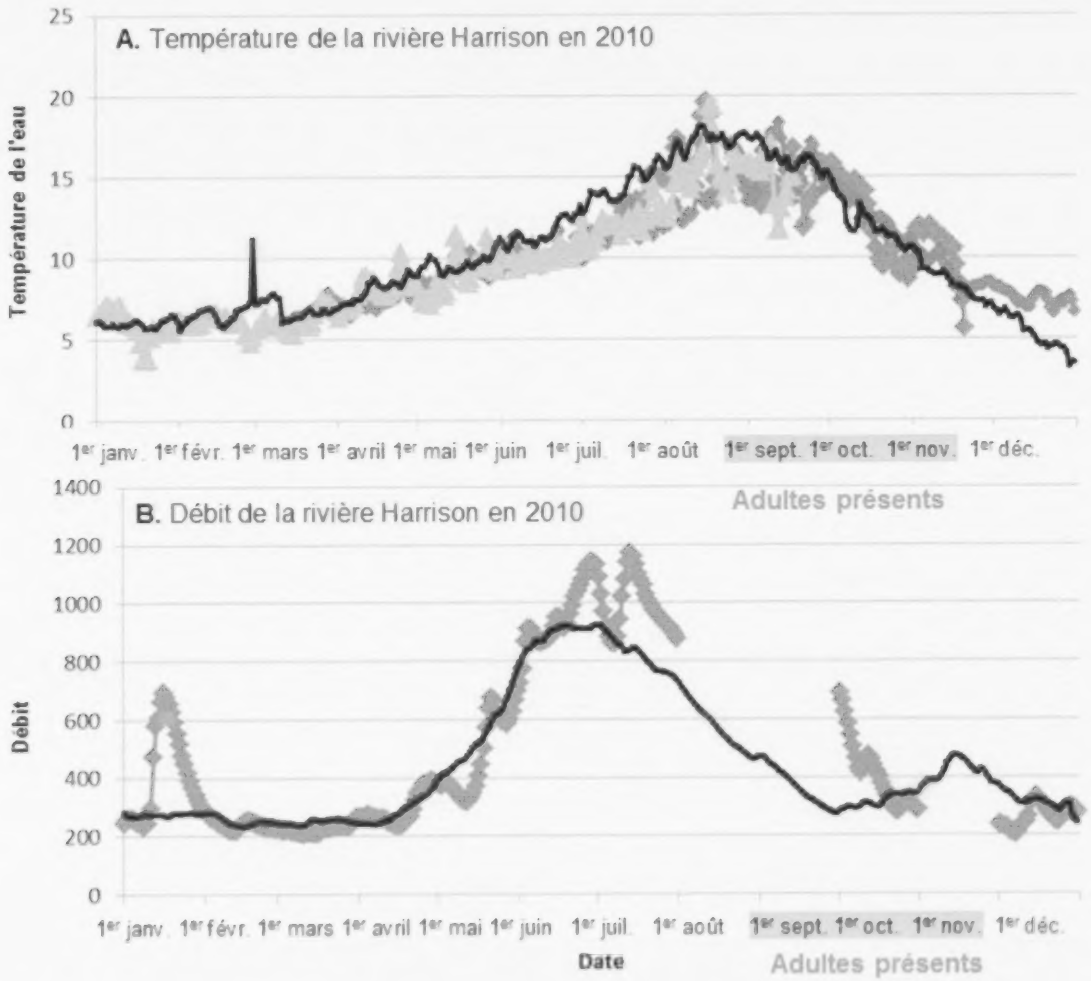

Figure 10. Données de 2010 sur le débit et la température de l'eau (lignes bleues) et moyennes des séries chronologiques (lignes noires) pour la rivière Harrison : A. données sur la température de l'eau (la ligne rouge représente les données de 2011 et la ligne verte les données de 2012); B. débit.

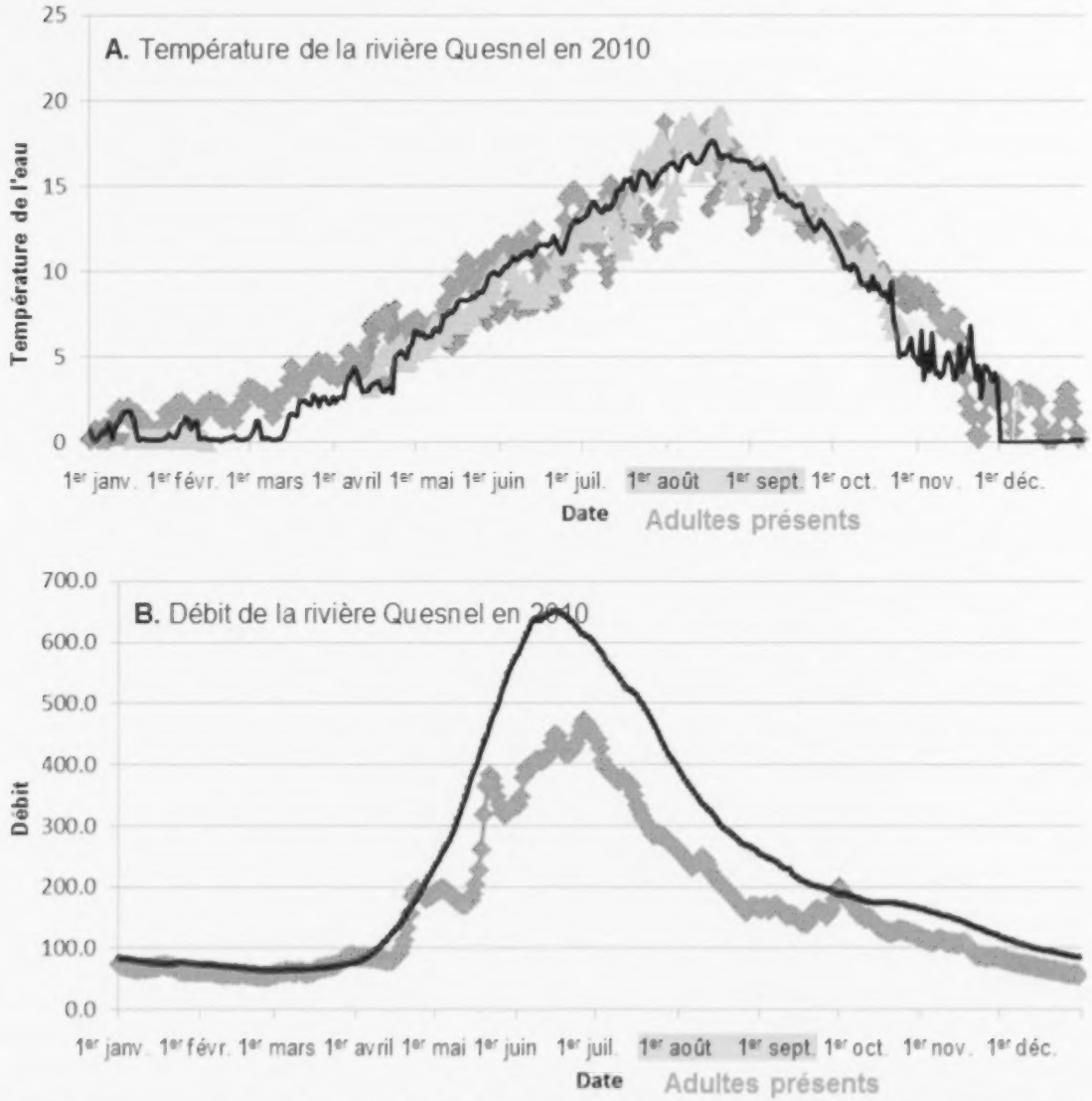

Figure 11. Données de 2010 sur le débit et la température de l'eau (lignes bleues) et moyennes des séries chronologiques (lignes noires) pour la rivière Quesnel : A. données sur la température de l'eau; B. débit (la ligne rouge représente les données de 2011 et la ligne verte les données de 2012).

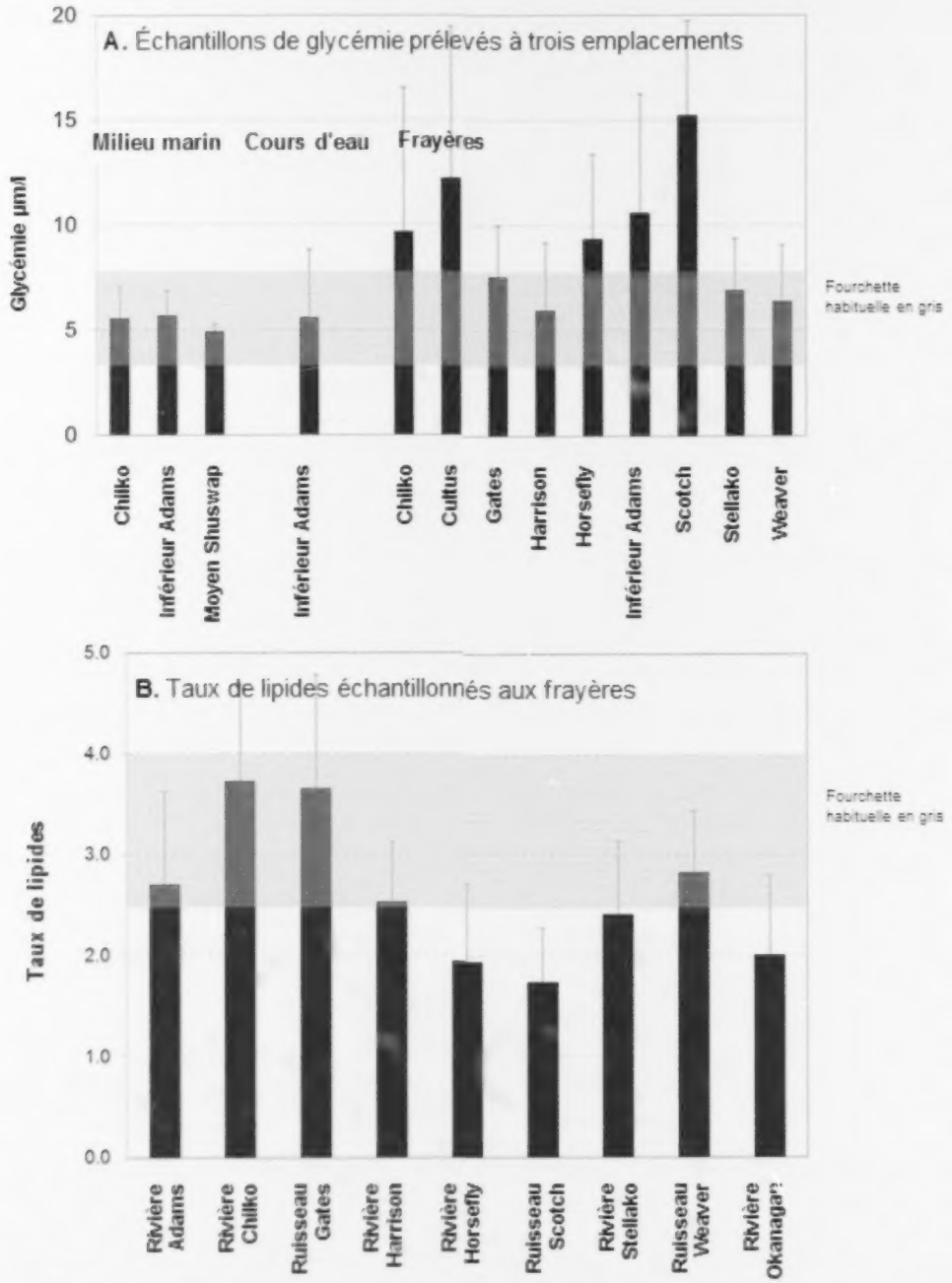

Figure 12. A. Valeurs de la glycémie (micromole par litre) des saumons rouges adultes du fleuve Fraser en montaison échantillonnés dans les zones d'approche marines (milieu marin), à leur entrée dans le fleuve Fraser (eau douce), et à leurs frayères (fourchette habituelle : 4-7 micromoles par litre). B. Taux de lipides des saumons rouges adultes du fleuve Fraser échantillonnés aux frayères (fourchette habituelle : 2,5-4,0 %).

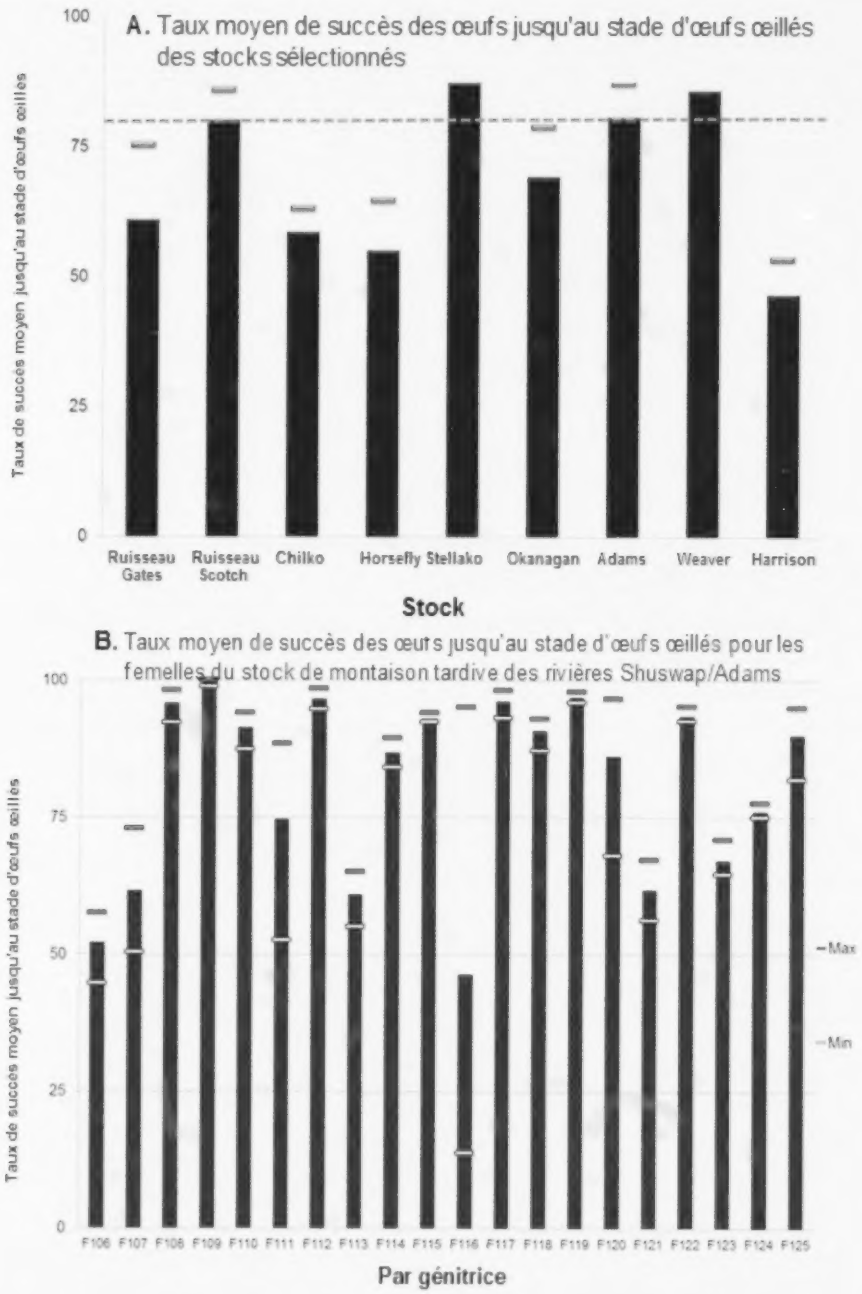

Figure 13. A. Taux moyen de succès des œufs jusqu'au stade d'œufs œillés des stocks sélectionnés (la ligne pointillée correspond à 80 %). B. Taux moyen de succès des œufs jusqu'au stade d'œufs œillés pour les femelles du stock de montaison tardive des rivières Shuswap et Adams.

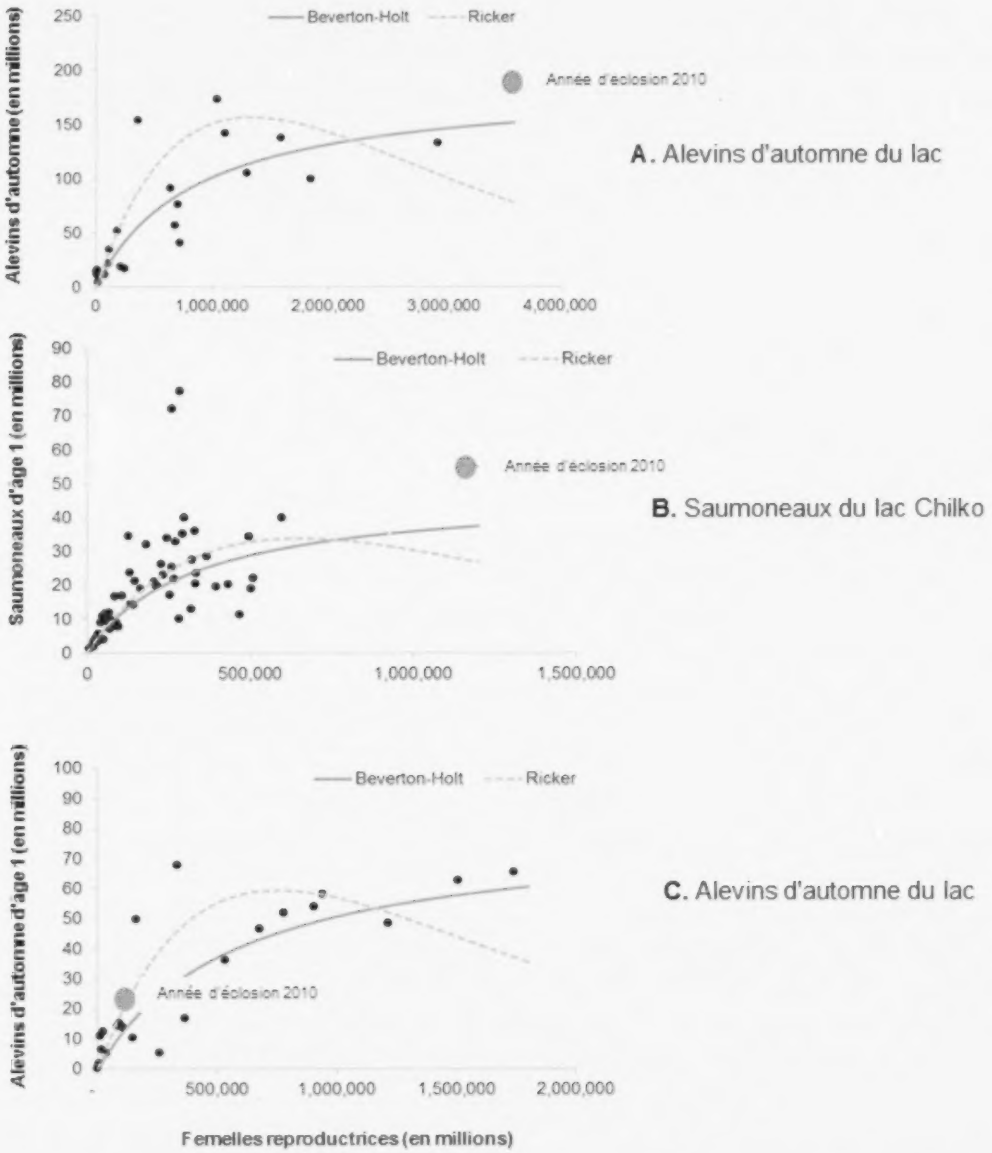

Figure 14. A. Alevins d'automne par femelle reproductrice dans le lac Shuswap (années d'éclosion 1974-2011). B. Saumoneaux par femelle reproductrice dans le lac Chilko pour toutes les années (années d'éclosion 1949-2010, sauf 1989). C. Alevins d'automne par femelle reproductrice dans le lac Quesnel (années d'éclosion 1974-2011 exclusivement). Sur chaque figure, la valeur de l'année d'éclosion 2010 est indiquée par un cercle rouge plein et du texte.

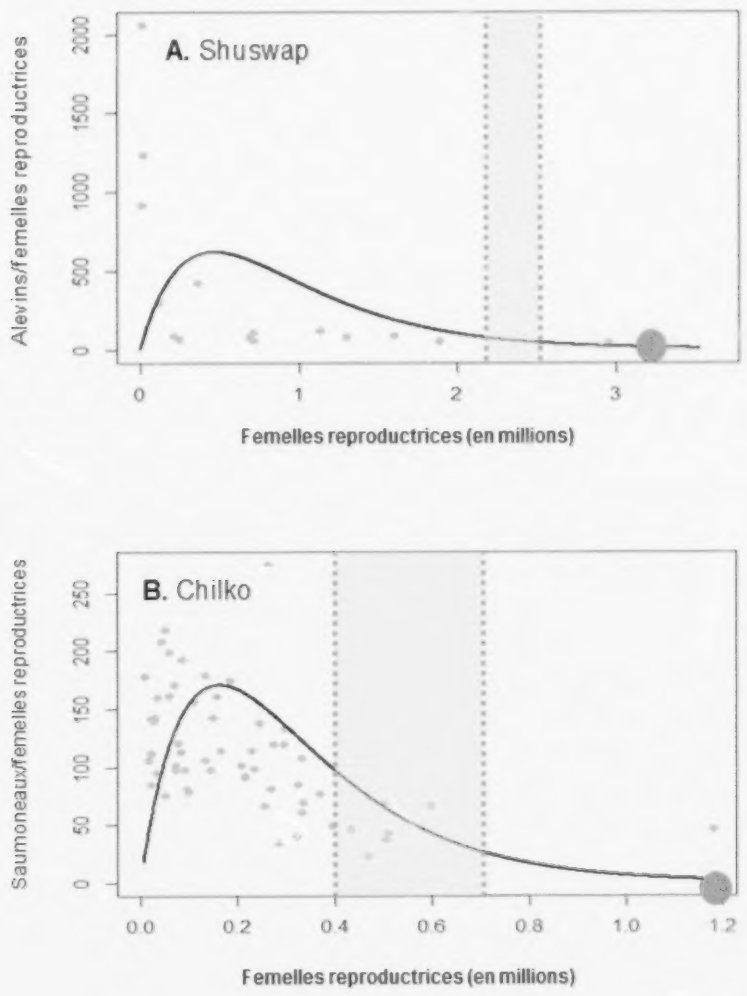

Figure 15. Survie précoce en eau douce (alevins d'automne par femelle reproductrice ou saumoneaux par femelle reproductrice) par rapport aux femelles reproductrices, avec un modèle de Ricker ajusté à l'ensemble de données. L'éventail de reproducteurs pour une production maximale (Smax) estimée d'après les modèles de rendement photosynthétique et les données de stock-recrutement est représenté par la zone grisée sur chaque graphique. Les gros cercles ronds pleins représentent les échappées de l'année d'éclosion 2010 et la survie en eau douce connexe pour les stocks A. de la rivière Shuswap (montaisons hâtive et tardive) et B. de la rivière Chilko.

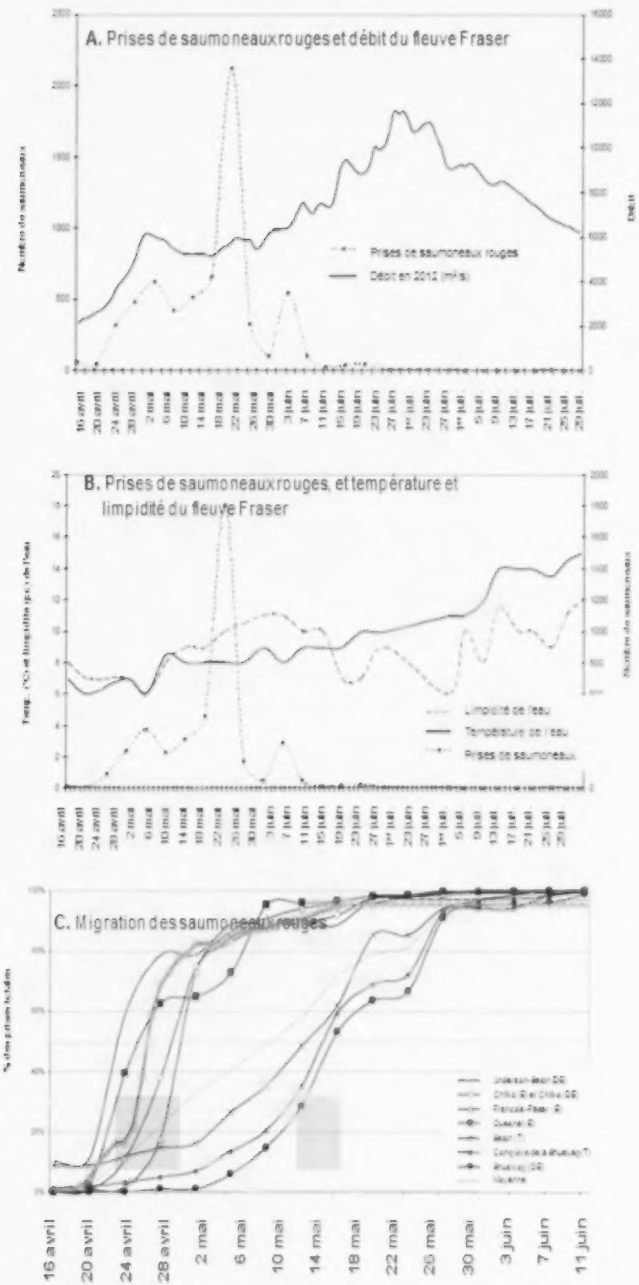

Figure 16. Relevé sur le saumoneau rouge du fleuve Fraser (trappe à pente et piège à vis sans fin) à Mission, en C.-B., en 2012. A. Valeurs quotidiennes des prises de saumons rouges et du débit du fleuve Fraser. B. Température (°C) et limpidité quotidiennes moyennes de l'eau du fleuve Fraser (profondeur en pouces mesurée au moyen d'un disque de Secchi). C. Période cumulative de dévalaison du saumon rouge par unité de conservation dans le cadre du projet d'évaluation des saumons rouges juvéniles du bas Fraser mené en 2012 (n = 2 307). Tiré de Mahoney et al. (2013). La ligne bleue correspond à la dévalaison des saumoneaux du stock de la rivière Chilko dans le lac Chilko en 2012. Les barres rouges représentent les dates à 50 % de la migration des deux groupes de saumoneaux en dévalaison.

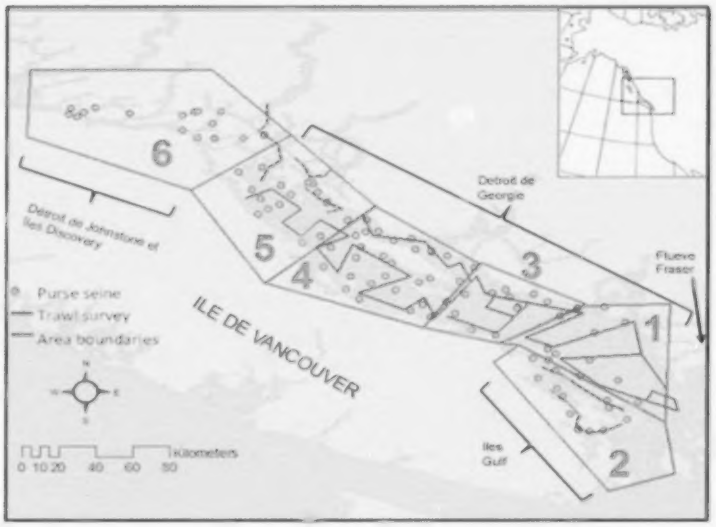

Figure 17. Emplacement des traits standard du relevé au chalut (ligne bleue) et des relevés à la senne coulissante (points verts) dans le détroit de Georgie et près des îles Discovery. Les lignes bleues pointillées correspondent aux échantillons prélevés durant le relevé au chalut, mais elles ne comptent pas dans la ligne de traits standard pour les comparaisons interannuelles.

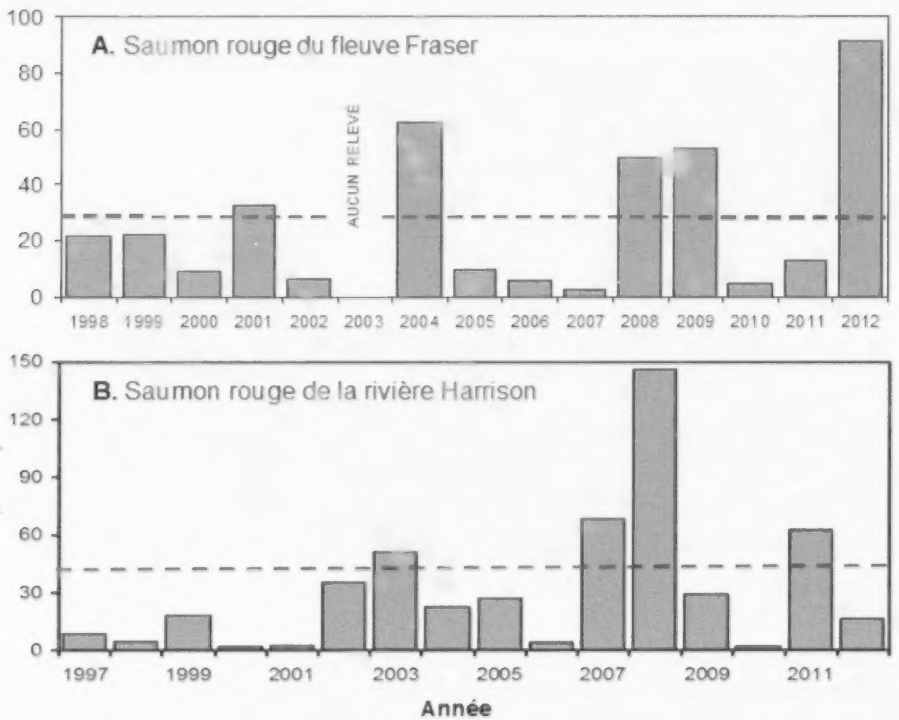

Figure 18. CPUE (captures par unité d'effort) de 1998 à 2012 pour A. le saumon rouge lors des relevés standard à la fin juin/au début juillet dans le détroit de Georgie; et B. les relevés menés en septembre comprenant majoritairement des saumons rouges de la rivière Harrison.

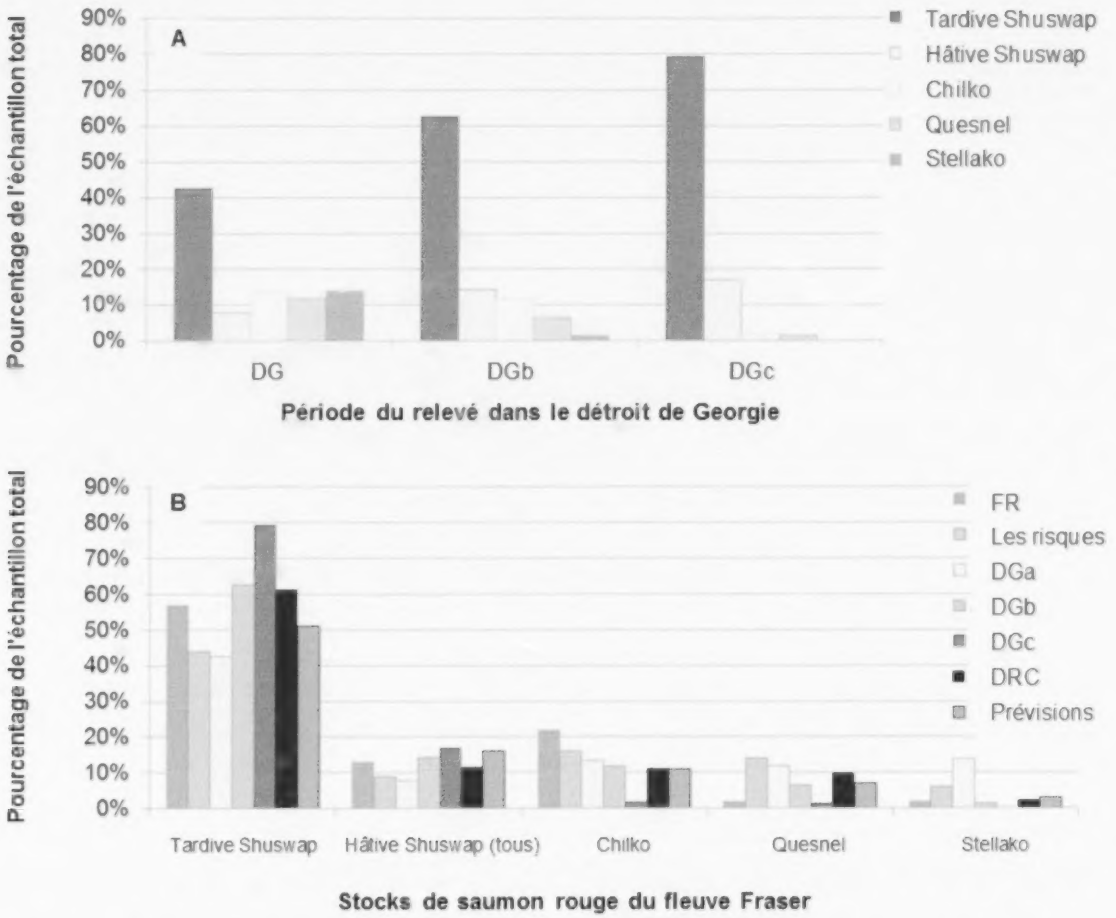

Figure 19. A. Pourcentage de chaque stock dans les relevés du détroit de Georgie durant trois périodes d'échantillonnage différentes (voir les descriptions de la figure B. ci-après). B. Pourcentage de chaque stock : estimation du total de femelles reproductrices (FR) aux frayères en 2010; total de saumoneaux échantillonnés dans le cadre du programme à Mission en 2012 (Mission); total de juvéniles échantillonnés lors des relevés à la senne coulissante dans le détroit de Georgie du 19 mai au 1er juin (DGa) et du 11 au 25 juin (DGb); total de juvéniles échantillonnés lors des relevés au chalut dans le détroit de Georgie (du 20 juin au 2 juillet) (DGc), des relevés au chalut dans le détroit de la Reine-Charlotte (DRC); et prévisions officielles de la probabilité de 50 % concernant les montaisons du saumon rouge du fleuve Fraser en 2014 (prévisions : MPO 2014).

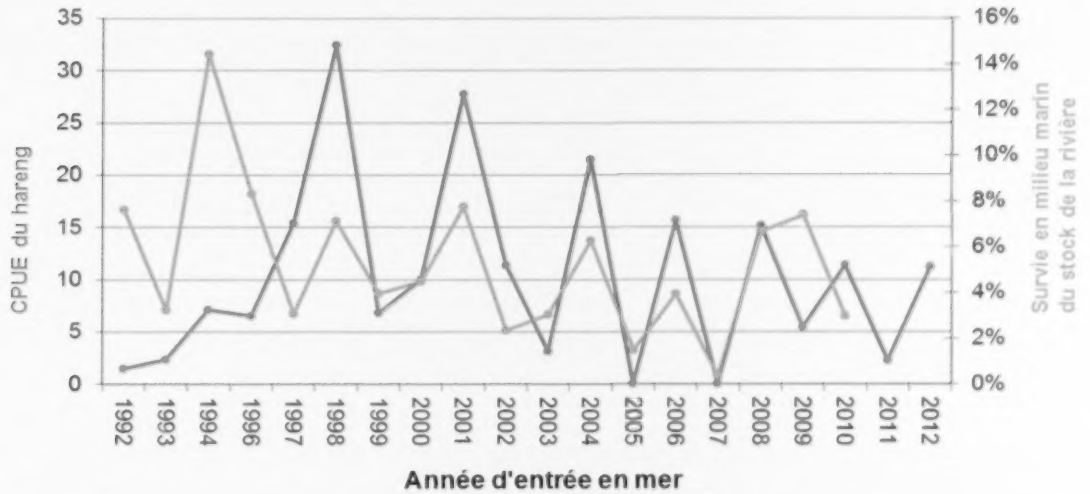

Figure 20. Les captures par unité d'effort (CPUE) du hareng sont représentées par la ligne rouge, et la survie en milieu marin du stock de la rivière Chilko est indiquée par la ligne bleue. Cette relation a initialement été publiée dans Resnel et al. (2010). Les données à jour sur la CPUE du hareng ont été fournies par Jake Schweigert (MPO).

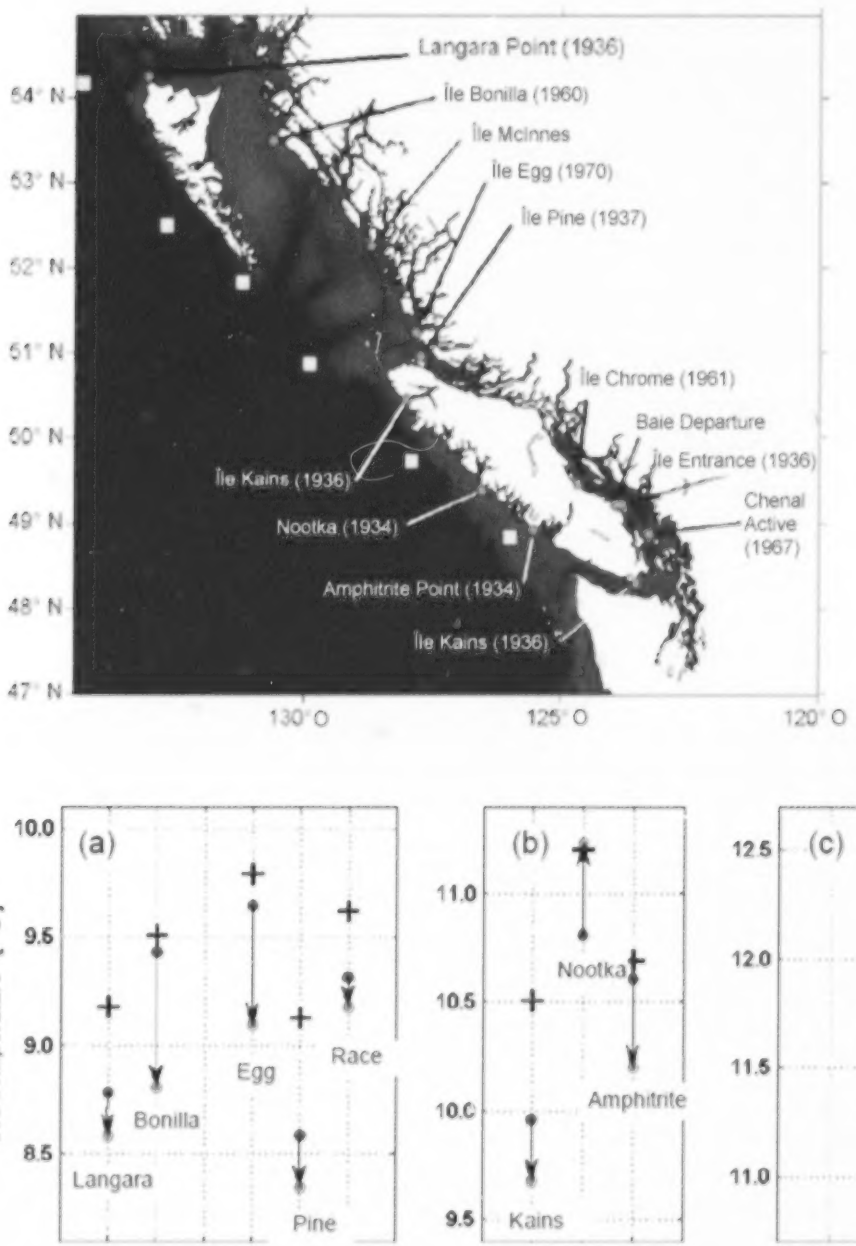

Figure 21. Carte des phares où la température de l'eau à la surface de la mer a été enregistrée. Les trois figures représentent la température quotidienne moyenne de la surface de la mer en 2011 (points bleus) et en 2012 (croix rouges) aux phares dans trois régions : a) côte nord et côte centrale; b) côte ouest de l'île de Vancouver; c) détroit de Georgie; il est à noter que les rochers Race sont inclus dans la région de la côte ouest de l'île de Vancouver à des fins pratiques. Les croix correspondent aux températures annuelles moyennes établies d'après des données sur 30 ans (1981-2010). Tiré de Irvine et Crawford (2013).

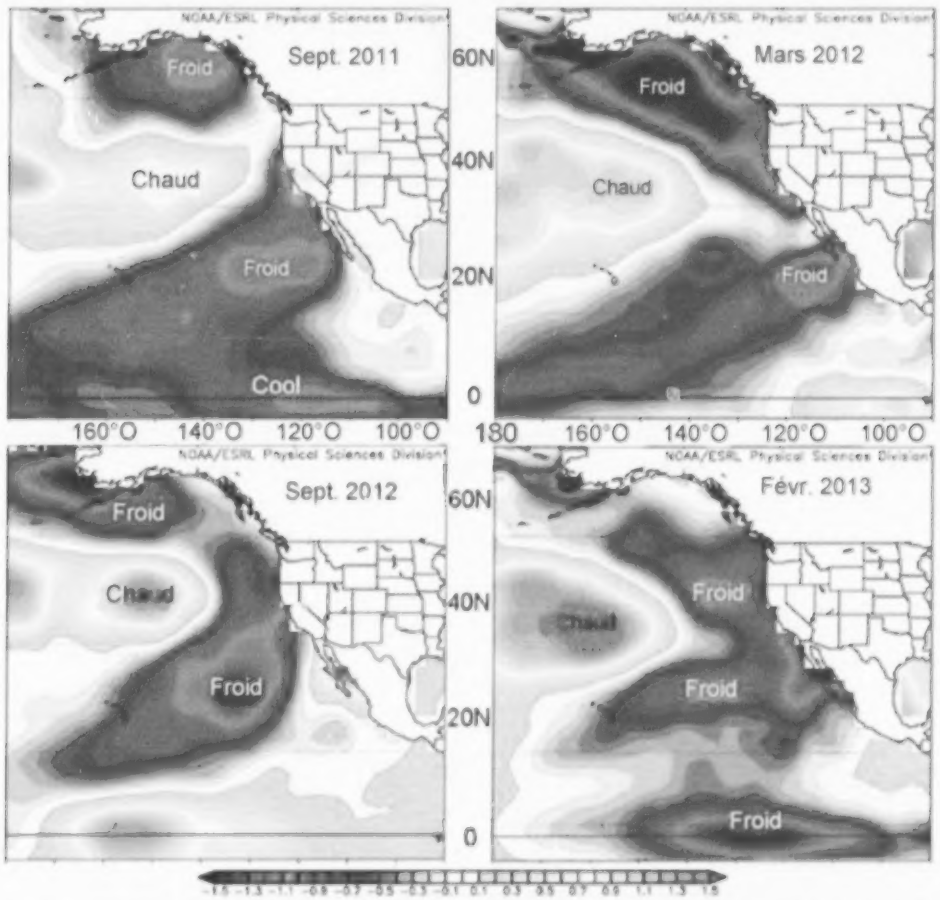

Figure 22. Anomalies de la température de la surface de la mer dans l'est du Pacifique de septembre 2011 à février 2013. La carte s'étend de l'Amérique du Nord vers l'ouest jusqu'au 180°°, et du 5 °Sud au 65 °Nord. L'équateur est marqué par la ligne horizontale noire dans le bas de chaque graphique. L'échelle des anomalies de la température (en °C) se trouve en bas des graphiques. Les anomalies de la température positive et négative sont indiquées par « chaud » et « froid » respectivement, dans chaque graphique. Les années de référence des anomalies de la température vont de 1981 à 2010. Images fournies par la NOAA. Tiré de Irvine et Crawford (2013).

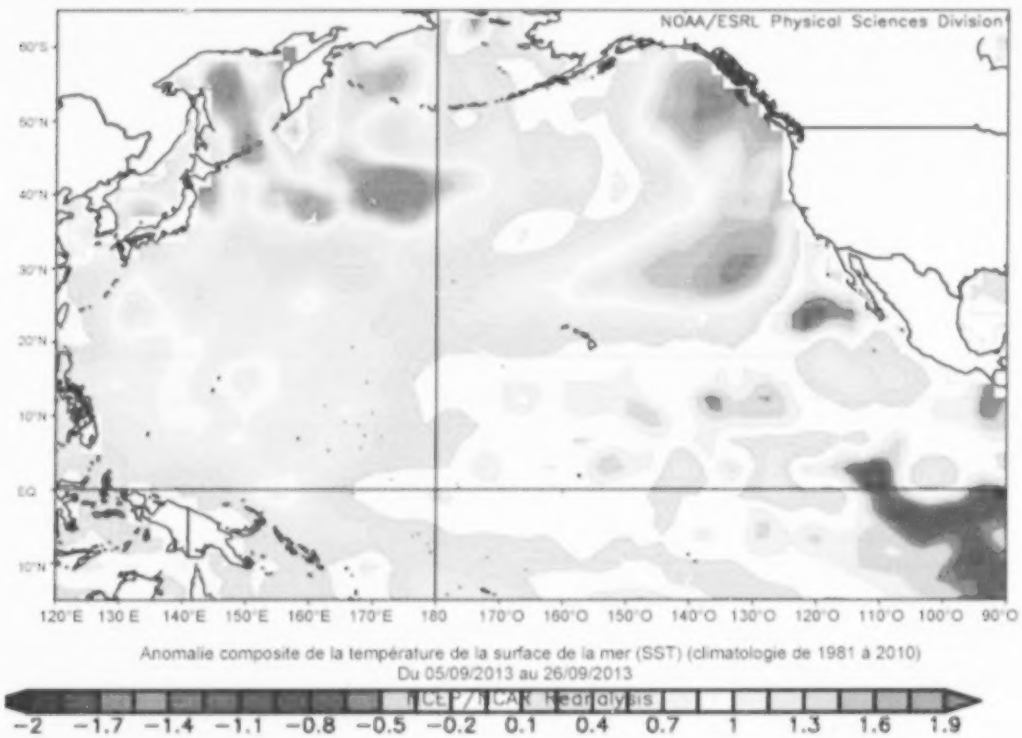

Figure 23. Anomalies de la température de la surface de la mer dans l'est du Pacifique en septembre 2013. La carte s'étend de l'Amérique du Nord vers l'ouest jusqu'au 180°°, et du 5 °Sud au 65 °Nord. L'équateur est marqué par la ligne horizontale noire dans le bas de chaque graphique. L'échelle des anomalies de la température (en °C) se trouve en bas des graphiques. Les anomalies de la température positive et négative sont indiquées par « chaud » et « froid » respectivement, dans chaque graphique. Les années de référence des anomalies de la température vont de 1981 à 2010. Images fournies par la NOAA : courtoisie de B. Crawford, MPO.

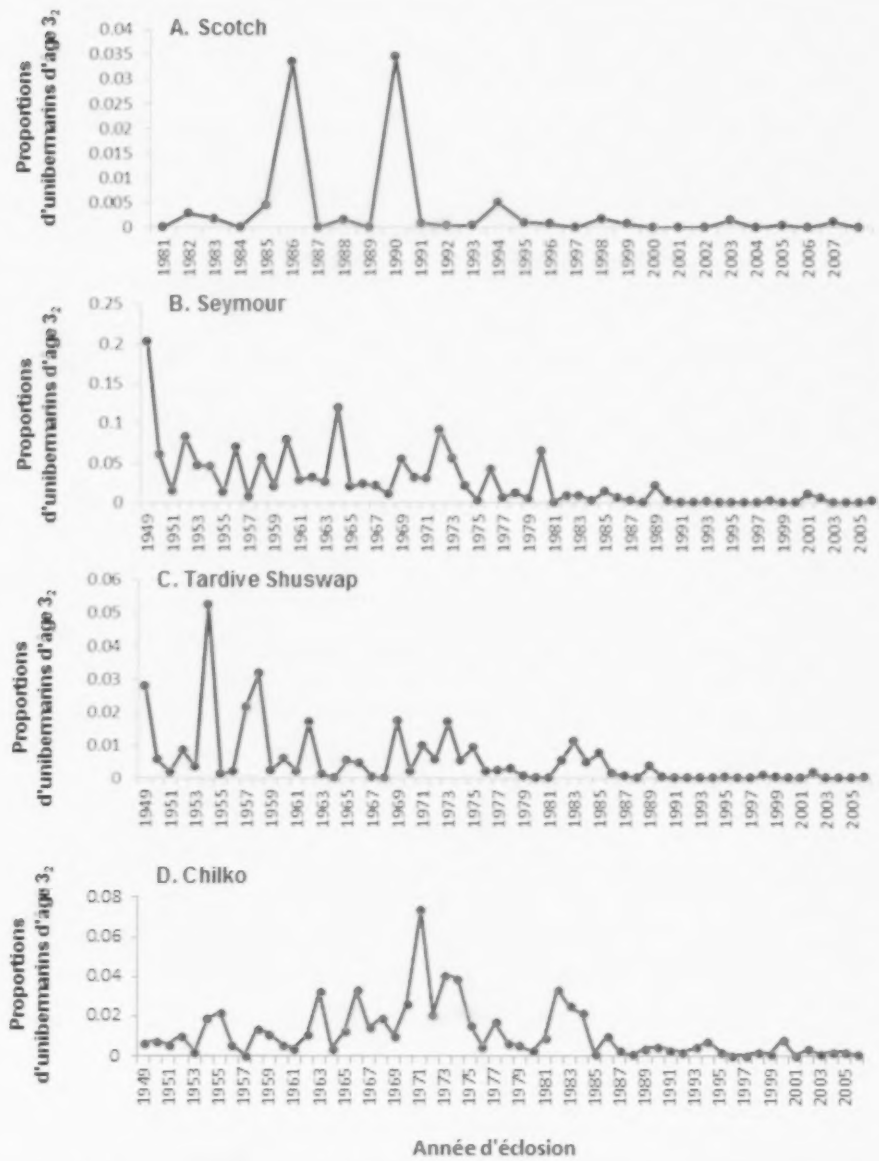

Figure 24. Les proportions (relatives des poissons d'âge 4_2 et 5_2) de saumoneaux (âge 3_2) des stocks A. du ruisseau Scotch, B. de la rivière Seymour, C. de montaison tardive de la rivière Shuswap et D. de la rivière Chilko ont affiché un déclin général après 1980; l'âge à la maturité dans l'ensemble des stocks de saumon rouge du fleuve Fraser a augmenté après 1980.

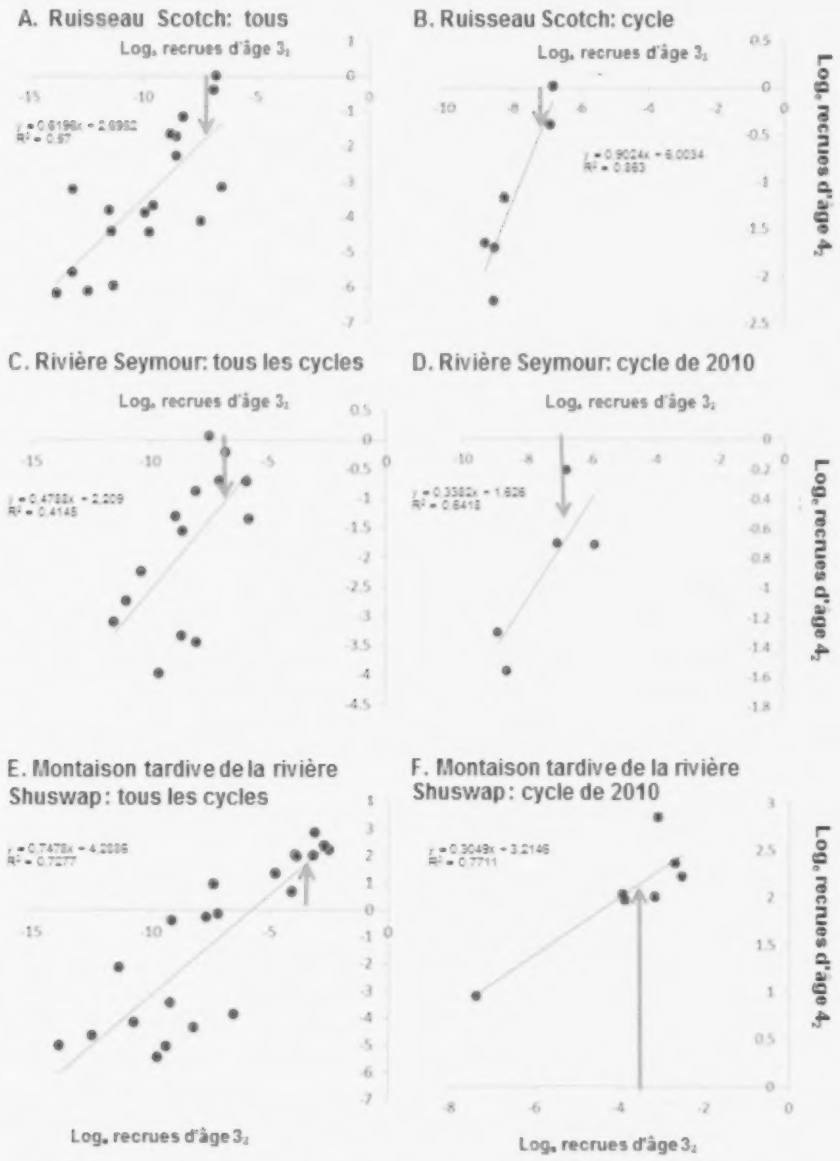

Figure 25. Lien entre les juvéniles d'âge 4 et les unibermarins (poissons d'âge 3_2 par rapport aux poissons d'âge 4_2) après 1980 des stocks du ruisseau Scotch, de la rivière Seymour et de montaison tardive de la rivière Shuswap pour tous les cycles (A, C, E), et des stocks du ruisseau Scotch, de la rivière Seymour et de montaison tardive de la rivière Shuswap pour le cycle dominant de 2014 seulement (B, D, F). Les flèches rouges indiquent l'échappée d'unibermarins (poissons d'âge 3_2) de l'année d'éclosion 2010 en 2013 (les données sur le recrutement n'étaient pas disponibles au moment de la publication du présent document).

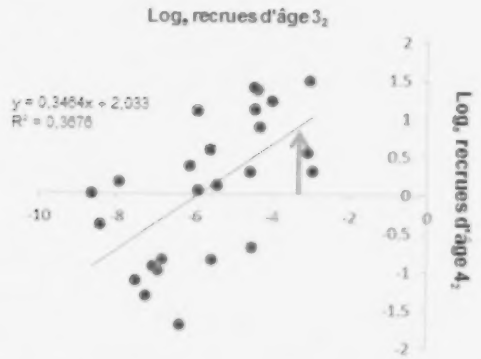

Figure 26. Lien entre les juvéniles d'âge 4 et les unibermarins (poissons d'âge 3_2 par rapport aux poissons d'âge 4_2) après 1980 du stock de la rivière Chilko pour tous les cycles; ce stock n'affiche aucun cycle dominant. La ligne rouge indique l'échappée d'unibermarins (poissons d'âge 3_2) de l'année d'éclosion 2010 en 2013 (les données sur le recrutement n'étaient pas disponibles au moment de la publication du présent document).

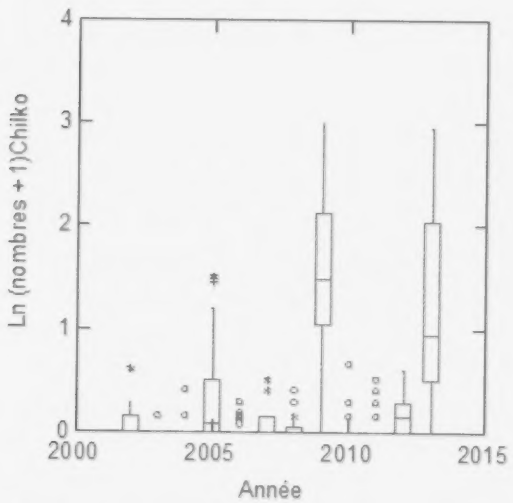

Figure 27. Log total (ln) de la capture par unité d'effort des saumons rouges unibermarins du fleuve Fraser (poissons d'âge 3_2) pris dans la zone 20 (détroit de Juan de Fuca) et dans la zone 12 (détroit de Johnstone). L'abondance des unibermarins en 2013 (de l'année d'éclosion 2010) est représentée par la dernière barre (McKinnell et al. 2012).

Collaborateurs

Nom	Organisation
Sue Grant	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
Bronwyn MacDonald	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
Timber Whitehouse	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
Keri Benner	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
Marc Trudel	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
David Patterson	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
Chrys Neville	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
Daniel Selbie	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
Lucas Pon	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
Ken Shortreed	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique (retraité)
Jeremy Hume	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique (retraité)
Jeffrey Lemieux	Pêches et Océans Canada, région du Pacifique
Marilyn Hargreaves	Centre des avis scientifiques du MPO, région du Pacifique
Lesley MacDougall	Centre des avis scientifiques du MPO, région du Pacifique

Approuvé par :

L.J. Richards,
directeur régional, Sciences
Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Nanaimo (Colombie-Britannique)
(date)

Sources de renseignements

La présence réponse des Sciences découle du processus spécial de réponse des Sciences ayant eu lieu les 3 et 4 décembre 2013 dans le but de résumer les données sur l'état du poisson et la survie des reproducteurs de 2010 et de leur progéniture en supplément aux prévisions d'avant-saison concernant l'effectif de montaison du saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*) du fleuve Fraser en 2014.

Beacham, T.D., Beamish, R.J., Candy, J.R., Wallace, C., Tucker, S., Moss, J.H., and Trudel, M. 2014. Stock-specific size of juvenile sockeye salmon in British Columbia waters and in the Gulf of Alaska. Trans. Am. Fish. Soc. (en presse).

Beamish, R.J., McCaughran, D., King, J.R., Sweeting, R.M., and McFarlane, G.A. 2000. Estimating the abundance of juvenile coho salmon in the Strait of Georgia by means of surface trawls. N. Am. J. Fish. Manag. 20: 369–375.

Beamish, R.J., Neville, C., Sweeting, R., and Lange, K. 2012. The synchronous failure of juvenile Pacific salmon and herring production in the Strait of Georgia in 2007 and the poor return of Sockeye salmon to the Fraser River in 2009. Mar. Coast. Fish. Dyn. Manag. Ecosyst. Sci. 4: 403–414.

Beamish, R.J., Sweeting, R.M., Lange, K.L., Noakes, D.J., Preikshot, D., and Neville, C.M. 2010. Early marine survival of coho salmon in the Strait of Georgia declines to very low levels. Mar. Coast. Fish. Dyn. Manag. Ecosyst. Sci. 2: 424–439.

Biro, P.A., Morton, A.E., Post, J.R., and Parkinson, E.A. 2004. Over-winter lipid depletion and mortality of age-0 rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 1513–1519.

Bradford, M.J., Pyper, B.J., and Shortreed, K.S. 2000. Biological responses of sockeye salmon to the fertilization of Chilko Lake, a large lake in the interior of British Columbia. N. Am. J. Fish. Manag. 20: 661–671.

Burt, J.M., Hinch, S.G., and Patterson, D.A. 2011. The importance of parentage in assessing temperature effects on fish early life history: a review of the experimental literature. Rev. Fish Biol. Fish. 21: 377–406.

Crossin, G.T., Hinch, S.G., Farrell, A.P., Higgs, D.A., Lotto, A.G., Oakes, J.D., and Healey, M.C. 2004. Energetics and morphology of sockeye salmon: effects of upriver migratory distance and elevation. J. Fish. Biol. 65: 788–810.

Crossin, G.T., Hinch, S.G., Farrell, A.P., Whelly, M.P., and Healey, M.C. 2003. Pink salmon *(Oncorhynchus gorbuscha)* migratory energetics: Response to migratory difficulty and comparisons with sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)*.

Eliason, E.J., Clark, T.D., Hague, M.J., Hanson, L.M., Gallagher, Z.S., Jeffries, K.M., Gale, M.K., Patterson, D.A., Hinch, S.G., and Farrell, A.P. 2011. Differences in thermal tolerance among sockeye salmon populations. Science 332: 109-112.

Eliason, E.J., Clark, T.D., Hague, M.J., Hanson, L.M., Gallagher, Z.S., Jeffries, K.M., Gale, M.K., Patterson, D.A., Hinch, S.G., and Farrell, A.P. 2011. Differences in thermal tolerance among sockeye salmon populations. Science (80-.). 332: 109–112.

Farley, E.V., Starovoytov, A., Naydenko, S., Heintz, R., Trudel, M., Guthrie, C., Eisner, L., and Guyon, J.R. 2011. Implications of a warming eastern Bering Sea for Bristol Bay sockeye salmon. ICES J. Mar. Sci. 68: 1138–1146.

Fisheries and Oceans Canada. 2014. Pre-Season run size forecasts for Fraser River Sockeye Salmon (Oncorhynchus nerka) in 2014. DFO Can. Sci. Adv. Sec. Spec. Advis. Rep.

Gardiner, W.R., and Geddes, P. 1980. The influence of body composition on the survival of juvenile salmon. Hydrobiologica 69: 67–72.

Grant, S.C.H., and MacDonald, B.L. 2012. Pre-season run size forecasts for Fraser River sockeye *(Oncorhynchus nerka)* and pink *(O. gorbuscha)* salmon in 2011. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/145. vi + 48 p.

Grant, S.C.H., MacDonald, B.L., Cone, T.E., Holt, C.A., Cass, A., Porszt, E.J., Hume, J.M.B., and Pon, L.B. 2011. Evaluation of uncertainty in Fraser Sockeye *(Oncorhynchus nerka)* Wild Salmon Policy status using abundance and trends in abundance metrics. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/087. viii + 183 p.

Grant, S.C.H., Michielsens, C.G.J., Porszt, E.J., and Cass, A.J. 2010. Pre-season run size forecasts for Fraser River sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)* in 2010. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/042. vi + 125 p.

Henderson, M.A., and Cass, A.J. 1991. Effect of smolt size on smolt-to-adult survival for Chilko Lake sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 988–994.

Hume, J.M.B., Shortreed, K.S., and Morton, K.F. 1996. Juvenile sockeye rearing capacity of three lakes in the Fraser River system. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 719–733.

Irvine, J.R., and Crawford, W.R. 2013. Canada's State of the Oceans Report, 2012. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/032. viii + 140 p.

Koenings, J.P., Geiger, H.J., and Hasbrouck, J.J. 1993. Smolt-to-adult survival patterns of Sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)*: effects of smolt length and geographic latitude when entering the sea. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 600–611.

MacDonald, B.L., and Grant, S.C.H. 2012. Pre-season run size forecasts for Fraser River sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)* in 2012. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/011. v + 64 p.

Macdonald, J.S., Morrison, J., and Patterson, D.A. 2012. The efficacy of reservoir flow regulation for cooling migration temperature for sockeye salmon in the Nechako River watershed of British Columbia. N. Am. J. Fish. Manag. 32: 415–427.

MacLellan, S.G., and Hume, J.M. 2010. An evaluation of methods used by the freshwater ecosystems section for pelagic fish surveys of sockeye rearing lakes in British Columbia. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2886: 68 pp.

Mahoney, J.E., Tadey, J.A., Whitehouse, T.R., Neville, C., and Kalyn, S.M. 2013. Evaluation of timing, abundance and stock composition of downstream migrating juvenile sockeye salmon in the Lower Fraser River-A Report to the Pacific Salmon Commission. pp. 27.

McKinnell, S.M., Curchitser, E., Groot, C., Kaeriyama, M., and Myers, K.W. 2012. PICES Advisory Report on the decline of Fraser River Sockeye Salmon *(Oncorhynchus nerka)* (Steller, 1743) in relation to marine ecology. PICES Sci. Rep. No. 41: 149 pp.

MPO. 2007. État de l'océan Pacifique 2006. MPO – Sciences, Rapp. sur l'état de l'océan 2007/001. 87 p.

MPO. 2013. État de l'océan Pacifique 2012. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2013/028.

MPO. 2014. Prévisions d'avant-saison concernant la montaison du saumon rouge du Fraser (Oncorhynchus nerka) en 2014 Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2014/040.

MacDonald, B.L., and Grant, S.C.H. 2012. Pre-season run size forecasts for Fraser River sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)* in 2012. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/011. v + 64 p.

Naesje, T.F., Thorstad, E.B., Forseth, T., Aursand, M., Saksga˚, R., and Finstad, A.G. 2006. Lipid class content as an indicator of critical periods for survival in juvenile Atlantic salmon *(Salmo salar)*. Ecol. Freshw. Fish 15: 572–577.

Neville, C.M., Trudel, M., Beamish, R.J., and Johnson, S.C. 2013. The early marine distribution and juvenile sockeye salmon produced from the extreme low return in 2009 and the extreme high return in 2010. N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Tech. Rep. 9: 65–68.

Nidle, B.H., and Shortreed, K.S. 1996. Results from a seven-year limnological study of Shuswap Lake. Part I. Physics, chemistry, bacteria, and phytoplankton. Can. Data. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1005: 132 pp.

Peterman, R.M., and Dorner, B. 2012. A widespread decrease in productivity of sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)* populations in western North America. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 69: 1255–1260.

Post, J.R., and Parkinson, E.A. 2001. Energy allocation strategy in young fish: allometry and survival. Ecology 82: 1040–1051.

Powell, M.S., Hardy, R.W., Flagg, T.A., and Kline, P.A. 2010. Composition and fatty acid differences in hatchery-reared and Wild Snake River sockeye salmon overwintering in nursery lakes. N. Am. J. Fish. Manag. 30: 530–537.

Preikshot, D., Beamish, R.J., Sweeting, R.M., Neville, C.M., and Beacham, T.D. 2012. The residence time of juvenile Fraser River sockeye salmon in the Strait of Georgia. Mar. Coast. Fish. Dyn. Manag. Ecosyst. Sci. 4: 438–449.

Rensel, J.E., Haigh, N., and Tynan, T.J. 2010. Fraser River sockeye salmon marine survival decline and harmful blooms of Heterosigma akashiwo. Harmful Algae 10: 98–115. Elsevier B.V.

Ricker, W.E. 1962. Comparison of ocean growth and mortality of sockeye salmon during their last two years. J. Fish. Res. Board Can. 19: 531–560.

Selbie, D.T., Bradford, M.J., Hague, M.J., Hume, J.M.B., MacIsaac, E.A., and D.A.P. 2010. Are freshwater habitat conditions in the Fraser River watershed an important contributor to the Fraser Sockeye situation? In Synthesis of Evidence from a Workshop on the Decline of Fraser River Sockeye: June 15-17 2010. Edited by R.M. Peterman and D. Marmorek. pp. 79–82.

Shortreed, K.S. 2007. Limnology of Cultus Lake, British Columbia. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2753: vi + 85 pp.

Shortreed, K.S., Hume, J.M., and Stockner, J.G. 2000. Using photosynthetic rates to estimate the juvenile sockeye salmon rearing capacity of British Columbia lakes. In Sustainable Fisheries Management: Pacific Salmon. Edited by E.E. Knudsen, C.R. Steward, D.D. MacDonald, J.E. Williams, and D.W. Reiser. CRC Press LLC, Boca Raton, New York. pp. 505–521.

Sweeting, R.M., Beamish, R.J., Noakes, D.J., and Neville, C.M. 2003. Replacement of wild coho salmon by hatchery-reared coho salmon in the Strait of Georgia over the past three decades. N. Am. J. Fish. Manag. 23: 492–502.

Thomson, R.E., Beamish, R.J., Beacham, T.D., Trudel, M., Whitfield, P.H., and Hourston, R. a. S. 2012. Anomalous ocean conditions may explain the recent extreme variability in Fraser River sockeye salmon production. Mar. Coast. Fish. Dyn. Manag. Ecosyst. Sci. 4: 415–437.

Trudel, M., Moss, J.H., Tucker, S., Candy, J.R., and Beacham, T.D. 2011. Stock-specific distribution of juvenile sockeye salmon in the Eastern Gulf of Alaska. N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Tech. Rep. No. 1353. 11 pp.

Trudel, M., Neville, C., and Sweeting, R. 2013. Canadian Juvenile Salmon Surveys in 2013-2014. N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Tech. Rep. No. 1472. 9 pp.

Tucker, S., Trudel, M., Welch, D.W., Candy, J.R., Morris, J.F.T., Thiess, M.E., Wallace, C., Teel, D.J., Crawford, W., Farley, E. V., and Beacham, T.D. 2009. Seasonal stock-specific migrations of juvenile sockeye salmon along the west coast of North America: Implications for growth. Trans. Am. Fish. Soc. 138: 1458–1480.

Whitney, C.K., Hinch, S.G., and Patterson, D.A. 2013. Provenance matters: thermal reaction norms for embryo survival among sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)* populations. J. Fish Biol. 82: 1159–1176.

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
Station biologique du Pacifique
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) Canada V9T 6N7
Téléphone : 250-756-7208

Courriel : CSAP@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccsISSN 1919-3769
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2014. Supplément aux prévisions d'avant-saison concernant les montaisons du saumon rouge du fleuve Fraser en 2014. Secr. Can. de consult. Sci. du MPO, Rép. des Sci. 2014/041.

Also available in English:

DFO. 2014. Supplement to the pre-season return forecasts for Fraser River Sockeye Salmon in 2014. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2014/041.